©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Geologie und Tektonik des Magdalensbergs und Verbreitung des Alt-Paläozoikums in Mittelkärnten (Österreich)

Von Friedhelm THIEDIG

Zusammenfassung

Die Ergebnisse einer geologischen Neukartierung (1987 bis 1997) der altpaläozoischen Gesteine des Magdalensberges (Ober-Ordovizium) und seiner Umgebung in Mittelkärnten mit Studentinnen und Studenten der Hamburger und der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster werden zusammenfassend dargestellt. Ausgehend von den ersten Brachiopodenfunden (Seelmeier 1938, Havlícek 1987) und zahlreichen Bestimmungen paläozoischer Kalke, Dolomite und Tonschiefer mit Hilfe von Conodonten (Fritsch et al. 1960, Schönlaub 1979) und Acritarchii (Groschopf 1970 und Reitz 1994), sowie Krinoiden- (Kleinschmidt 1966) und Brachiopodenfunden (Neugebauer 1970) in feinkristallinen Marmoren der Saualpe konnte die tektonische Wiederholung paläozoischer Schichten

Schlagworte

Kärnten, Magdalensberg-Folge, Paläozoikum, Ordovizium, Vulkanite, Phyllitgruppe, Gurktaler Decke

Keywords

Carinthia, Magdalensberg-Formation, Palaeozoic, Ordovician, volcanism, Phyllite Group, Gurktal nappe system

Abb. 1: Bergland östlich vom Magdalensberg zwischen St. Filippen, Brückl und Hochosterwitz. Höchster Punkt Lippekogel (1079 m), rechts davon Magdalensberg-Gipfel (1059 m). Rechts am Bildrand der Burgfelsen mit Hochosterwitz, ganz links am Bildrand Landschaden-Kogel (897 m), daneben unbewaldete Kuppe des Apetschnig Kogels (969 m). Im Hintergrund rechts Gurktaler Alpen, links Karawanken. Im Vordergrund die tief eingeschnittene Furche des Gurktales südlich Brückl. Blick vom Kropfsattel (Straße nach Diex, Abzweigung St. Ulrich) oberhalb Brückl. Foto: Thiedig, Januar 2004

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 2: Landschadenkogel (897 m, linker bewaldeter Gipfel in Spornlage) im Bildmittelgrund mit Tuffen und Geröllagen der Magdalensberg-Folge. Rechts daneben die unbewaldete Kuppe des Apetschnig Kogels (969 m). Tiefer gelegen am rechten Bildrand gerodeter Bereich im Ortsteil Tschutta. Im Vordergrund tief eingeschnittene Furche des Gurktals südlich Brückl. Im Hintergrund Drautal mit Karawanken und Julischen Alpen. Blick vom Johannserberg östlich Brückl. Foto: Thiedig, Mai 2002. Die Fotos der Abbildungen 2 und 3 sind vom gleichen Standpunkt aus gemacht worden, ein schmaler Bereich zwischen beiden Bildern fehlt, er lässt sich aus der Abb. 1 rekonstruieren.

durch einen alpidischen Deckenbau nachgewiesen werden. Zahlreiche Fotos von Gesteinsdünnschliffen zeigen die Mannigfaltigkeit vor allem der basaltischen vulkanischen Abfolge. Geröllführende Tuffe beweisen den Aufbau von submarinen Stratovulkanen über den Meeresspiegel hinaus. Der Anteil von basaltischen Laven ist relativ gering. Neben Pillow-Laven sind zahlreiche lager- und gangförmige Laven in die Tuffablagerungen eingedrungen. Durch die Auffindung skelettartiger Ilmenit-Pseudomorphosen konnte erstmals indirekt die Olivin-Führung in den Meta-Basalten der Magdalensberg-Folge nachgewiesen werden. Die Erhaltung der paläozoischen Schichtfolgen ist vor allem ihrer tektonischen Versenkung im Krappfeld- und Lavanttal-Graben und im Klagenfurter Becken zu verdanken.

Abstract

Due to new geological mapping investigations (1987 to 1997) a summarized description is compiled of the Old Palaeozoic clay schists and pyroclastic rocks of the marine Upper Ordovician to Upper Devonian Magdalensberg Formation in Carinthia (South Austria in the area named after the locality Magdalensberg). About 15 students from the universities of Hamburg and Münster (Germany) have produced new geological maps for their final examinations. Evidences for the age of the Palaeozoic sequences were found many years ago because of Upper Ordovician brachiopods (1938), Upper Ordovician to Lower Carboniferous conodonts (1960- 1984) and Lower Ordovician acritarchi (1994) in clay schists in the Stolzalpe nappe. Crinoids and one brachiopod were discovered (1966, 1970) in marbles of the Phyllite Group in the Murau nappe system of the Saualpe mountains, which gives evidence for a tectonical repetition of the Palaeozoic rocks sequence.

Many thin sections of the basaltic rock suite show a high diversity of rock types. Rounded pebbles bearing volcanic tuffs give evidence for subaerial built-ups of a composite volcanic cone.

The share of lava rocks is relatively small. Only few pillow structures and some sills and dykes penetrating tuff layers have been found.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 3: Nordhang des Lippekogels (1079 m, links am Bildrand) überwiegend mit Tuffen der Magdalensberg-Folge, Bildmitte Gipfelbereich des Magdalensberges mit Kirche (1059 m), rechts davon bewaldeter Bergriegel Lazerzen (963 m, aus Permoskyth-Sandstein). Blick von Osten, vom Johannserberg östlich Brückl. Foto: Thiedig, Mai 2002

The pyroclastic material is composed and mixed with volcanic ash, sand, lapilli and bombs of different grain sizes.

First evidence for the existence of olivine in the volcanic material was given by the finding (1987) of pseudomorphic skeleton shape ilmenite crystals after olivine.

The conversation of the Palaeozoic rocks is due to the tectonic downthrown faulting in the Krappfeld and Lavanttal graben and Klagenfurt basin systems.

EINFÜHRUNG

Ausgehend von eigenen Arbeiten im Saualpengebiet (Thiedig 1962 & 1966) wurden mehr als 75 Diplom- und Kartierarbeiten in Mittel- und Unterkärnten auf den Kartenblättern St. Veit a. d. Glan (GÖK 186), Klagenfurt (GÖK 202), Maria Saal (GÖK 203), Völkermarkt (GÖK 204) und St. Paul (GÖK 205) in den Jahren zwischen 1970 und 2000 an den Universitäten Hamburg und Münster/Westfalen angefertigt. Die Ergebnisse sind teilweise in die Ausfertigungen der bisher erschienenen geologischen Blätter (GÖK 205 und GÖK 186) eingeflossen, liegen aber meist nur als singuläre Prüfungsexemplare vor. Sie sollen demnächst der Bibliothek des Landesmuseums übergeben werden. Interessante und wichtige Einzelheiten aus einigen dieser Arbeiten sollen an dieser Stelle noch vor der Übergabe publiziert werden. Die in dieser Arbeit veröffentlichte geologische Karte des Magdalensberges (Kettrup & Thiedig 2005) kann hier aus technischen Gründen nur gestückelt dargestellt werden. Eine Originalkarte und eine CD-ROM werden zu Benutzung in der Bibliothek des Landesmuseums Klagenfurt, Museumsgasse 2, hinterlegt (Abb. 21).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 4: Nordabfall des Magdalensberges, links oben Gipfel mit Kirche und Gasthaus, rechts unterhalb in der Bildmitte Weideflächen des vlg. Mirtlbauer. Im Vordergrund Labongraben. Blick von Osten, oberhalb vlg. Schindler. Foto: Thiedig, 2002

In der vorliegenden Veröffentlichung werden Ergebnisse der Kartierarbeiten im Bergland zwischen St. Donat und Brückl (Zechnerkogel, Abb. 6) – Magdalensberg (Abb. 1 und 4–6) – Christofberg – Steinbruchkogel) sowie Muraunberg – Taggenbrunn – Passberg – Rakaunberg in der Umgebung von St. Veit a. d. Glan und westlich des Längsees dargestellt. Dabei werden vor allem die altpaläozoischen Gesteinsvorkommen berücksichtigt.

Außerdem wird eine Übersicht über die Beschreibung teilweise sehr kleiner, aber durch die Alterseinstufung mit Conodonten wichtiger Aufschlüsse paläozoischen Alters in diesem Mittelkärntner Raum zusammengestellt (Abb. 8), die zahlreiche Autoren an sehr verschiedenen Stellen mitgeteilt haben. Die letzte Gesamt-Übersicht über das Alt-Paläozoikum in Österreich hat SCHÖNLAUB (1979) gegeben.

Das Modell einer doppelt gegliederten Oberostalpinen Gurktaler Decke mit den beiden Stolzalpe- und Murauer-Teildecken (TOLLMANN 1963, 1977:424) hat sich immer wieder bestätigt und verfeinert. Die tiefere Murauer Decke, die etwas stärker tektonisch und metamorph als die Stolzalpe Decke beansprucht ist, enthält überwiegend Phyllite, Meta-Vulkanite und feinkristalline Marmore, die mit der Entdeckung von Krinoiden und eines Spiriferiden den Nachweis ihres paläozoischen Alters gebracht haben (KLEINSCHMIDT 1966, NEUGEBAUER 1970). Damit wurde der paläontologische Beweis für eine tektonische Wiederholung und Stapelung innerhalb der Gurktaler Decke gesichert.

Die tektonisch höher liegende Stolzalpe-Decke ist nur schwach metamorph überprägt worden und konnte so we-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

sentlich mehr Fossilien in einem besseren Erhaltungszustand bewahren, die zu einer differenzierten Faziesgliederung geführt haben (SCHÖNLAUB 1971). Das Alt-Paläozoikum der Stolzalpe-Decke mit der Magdalensberg-Folge und der Althofen Gruppe (SCHÖNLAUB 1971) ist im Süden und Norden sowie an beiden Flanken des Krappfeldgrabens zwischen Saualpe und Gurktaler Alpen an mehreren Stellen aufgeschlossen. Es umfasst das Ordovizium bis zum Unterkarbon. Die auffällige postvariscische Transgression mit Perm, Trias, Oberkreide und Paläogen setzt an der Grenze Oberkarbon/ Unter-Rotliegend ein.

Geschichte der geologischen Erforschung

Für die heutige Landeshauptstadt Klagenfurt stellt der Magdalensberg einen nahe gelegenen „Hausberg" dar, der seit mehr als 2000 Jahren von Menschen bewohnt wird (Abb. 1, 4 und 5). Der Magdalensberg bildete mit seiner römischen Besiedlung (von der letzten Hälfte des 1. Jh. vor bis zum Ende der 1. Hälfte des 1. Jh. n. Chr. etwa 90 Jahre lang und danach mit dem nahe gelegenen etwas jüngeren neu gegründeten Virunum den Mittelpunkt nicht nur des Kärntner Raumes, sondern war ab Mitte des 1. Jh. n. Chr. die Hauptstadt der großen römischen Provinz Noricum (PICCOTINI 1989a, 1989b).

Die Kelten waren vermutlich die ersten Bewohner, die mit der Suche nach Kupfer- und Eisenerzen „Angewandte Geologie" betrieben. Mit der ersten Errichtung fester Gebäude aus Bruchsteinen betrieben die Römer bei der Suche nach Rohstoffen und der planmäßigen Anlage von Gebäuden eine Art von Bau-Geologie (THIEDIG & WAPPIS 2003).

Es muss damals schon „Geognosten", also Fachkundige, gegeben haben, die genaue Kenntnisse nicht nur über die Erze besaßen, sondern auch die notwendigen Baustoffe kannten, die sich z. B. zum Kalkbrennen oder Gewinnung von Mosaiksteinchen eigneten. Die moderne Geologie interessierte sich erst ziemlich spät für die schiefrigen grünen Gesteine am Magdalensberg.

Eine erste Erwähnung der Meta-Vulkanite des Magdalensberges findet man bei den Kärntner Naturforschern ROSTHORN & CANAVAL[1] (1853:131, 154 und 170), die eine Beschreibung eines „Kalktrap[p][2] (Schalstein)" und „dioritischen Porphyrs" in den Vorbergen der Saualpe geben. Damit wird ein Gestein lauchgrüner Grundmasse beschrieben, das „Hirskorn- bis Erbsengroße runde Körner von Kalkspath" enthält und nach heutigem Sprachgebrauch einen „Meta-Basalt-Mandelstein (Meta-Diabas)" bezeichnet, der Gasblasen-Hohlräume besitzt, die sekundär mit Kalzit gefüllt wurden.

Drei Jahre später erwähnt LIPOLD (1856) bei der „Erläuterung geologischer Durchschnitte aus dem östlichen Kärnten" den von ROSTHORN & CANAVAL (1953) beschriebenen Kalktrapp, nördlich der Drau, der von grünen Schiefern begleitet

[1] Franz von Rosthorn (1796–1877), Sohn eines Kärntner Metallindustriellen war Vizepräsident des Gründungsausschusses für das Naturhistorische Museum in Klagenfurt, dem er seine reichen Sammlungen übereignete. Joseph Leodegar Canaval (1820–1898) war 2. Kustos des Klagenfurter Landesmuseums.

[2] Der Name Trapp wurde im 18. Jahrhundert aus dem Schwedischen entlehnt und für dunkle magmatische Ganggesteine gebraucht. Schwedisch trapp gehört zu trappa Treppe (LÜSCHEN 1979: Die Namen der Steine). Der Name beschreibt treppenförmig überlagernde vulkanische Gesteine von einzelnen Flächenergüssen basaltischer Lavadecken (z. B. Island, Dekkantrapp in Indien, Äthiopien und Südamerika).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

wird, stellt ihn aber richtiger in die „Familie der Diabase". Nahezu gleichzeitig berichtet PETERS (1855) über diese paläozoischen Schiefer während seiner geologischen Aufnahmstätigkeit in Kärnten.

Im 19. Jahrhundert stufte man die paläozoischen Tonschiefer zunächst als „silurische" später auch als karbonzeitliche Bildungen ein, als man an anderer Stelle Steinkohle und bestimmbare Pflanzenreste gefunden hatte. HÖFER (1894) erwähnte die zu den Grauwacken gerechneten vulkanischen Schiefer am Magdalensberg und stellte sie in das Karbon.

KAHLER & WOLSEGGER (1934) beschrieben vom Magdalensberg verschiedene Meta-Basalt-Typen mit gefüllten Gasblasen als Mandelsteine und vulkanische Lockergesteine (Pyroklastika). Sie erkannten, dass diese Gesteinstypen eine viel größere Verbreitung besaßen, als man bis dahin vermutet hatte. Leider existierten damals von diesem Raum noch keine geologischen Karten, außer dem Blatt Hüttenberg/Eberstein von BECK (1931) im Maßstab 1:75 000, das den nördlich gelegenen Bereich des Krappfeldes zwischen Gurktaler Alpen und der Saualpe umfasst. Die auf diesem Blatt vorkommenden Gesteine der Magdalensberg-Folge hat BECK (1931) als paläozoische Grauwackenschiefer und Diabasgesteine eingetragen.

Mit Kartierarbeiten für das geologische Doppelblatt der GBA Wien 1: 50 000 Klagenfurt (GÖK 202) und Maria Saal (GÖK 203) hatte KAHLER schon 1928 begonnen.

Dabei gelang SEELMEIER (1938, 1940) bei Kartierungsarbeiten, die er auf Anregung KAHLERS in den Jahren 1937/1938 durchführte, am Südabhang des Christofberges ein ganz besonderer Fund: er entdeckte bestimmbare Brachiopoden[3], die MURBAN (1938) als ordovizisch einstufen konnte. KAHLER (1938) brachte den ersten Nachweis paläozoischer Schiefer am Westfuß der Saualpe bei Klein St. Paul, die STREHL (1962) genauer kartiert hat.

HAVLIČEK et al. (1987) haben das oberordovizische Alter erneut mit einer Einstufung der Brachiopoden in die böhmische Untere Beroun-Serie (Unter-Caradoc bis Ober-Llandeilo) bestätigt. Bei diesen etwa 460 Millionen Jahre alten, äußerlich muschelähnlichen Fossilien (vergl. Fußnote [3]) handelt es sich um die ältesten Makrofossilien nicht nur Kärntens und Österreichs. Sie gehören auch heute noch nach über 60 Jahren ihrer Entdeckung zu den ältesten Groß-Fossilien des gesamten Alpenraumes, von deren Existenz nur wenige Kärntner wissen.

In seiner ersten zusammenfassenden Arbeit über den Bau der Karawanken und des Klagenfurter Beckens benennt KAHLER (1953) die mächtige Folge der Diabase mit den Aschen- und Brockentuffen als paläozoische „Magdalensbergserie".

Über die ersten Conodontenfunde (vergl. Fußnote [4]) haben FRITSCH et al. (1960) und STREHL (1962, Bestimmung durch WALLISER, Marburg) aus dem Paläozoikums-Vorkom-

[3] Brachiopoden („Armfüßer") sind bilateralsymmetrische Meerestiere mit zweiklappigem Gehäuse mit zwei tentakeltragenden, fleischigen Armen, die durch kalkige Armgerüste gestützt werden. Sie sind meist mittels eines fleischigen Stieles, der durch ein Stielloch austritt, am Untergrund festgewachsen. Die Zweiklappigkeit der Brachiopodenschalen haben zwar eine gewisse Ähnlichkeit mit Muschelschalen, besitzen aber eine andere Symmetrie und gehören zur höher organisierten Stammgruppe der Tentaculaten, nicht zu den Mollusken. (aus: LEHMANN 1985).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 5: Gipfel des Magdalensbergs mit Kirche und Gasthaus, unterhalb bewaldeter Bereich südlich und westlich des Archäologischen Parks. Links am Bildrand vlg. Oberpfandler, im Vordergrund die Magdalensbergstraße. Blick von der eiszeitlichen Verebnungsfläche bei Goriach. Foto: Thiedig, Mai 2002

men im Krappfeldgraben bei Mölbling, Aich und Klein St. Paul berichtet. RIEHL-HERWIRSCH (1970) hat wichtige Conodontenfunde (Bestimmung durch MOSTLER, Innsbruck) vom Christofberg veröffentlicht, später haben SCHÖNLAUB (1971, 1979, BUCHROITHNER (1979) und NEUBAUER (1984) weitere wichtige Ergebnisse geliefert.

Die erste Geologische Karte des Gebietes im Maßstab 1:50 000 bearbeitete KAHLER (1962) im Zusammendruck der beiden Blätter Klagenfurt (202) und Maria Saal (203) bei der GBA in Wien. Leider sind zu dieser Karte keine Erläuterungen erschienen, wobei allerdings das oben erwähnte Sonderheft der Carinthia II (KAHLER 1953) eine ausführliche regionale Beschreibung des Mittelkärntner Raumes enthält. Genauere Karten des Gebietes um den Magdalensberg und Christofberg (Abb. 2 und 3) im Maßstab 1:25 000 wurden von RIEHL-HERWIRSCH (1965, 1970) und MITSCH (1967) angefertigt. In einer Reihe von geologischen Examensarbeiten Hamburger und Münsteraner Studentinnen und Studenten wurden auf den geologischen Blättern St. Veit a. d. Glan (GÖK186) und Maria Saal (GÖK 203) zahlreiche Gebiete neu kartiert BAUER (1987), HANSEN (1989), GÖBEL (1995), OEHMEN (1995), WIESE (1995), WERNER (1995), DIERKES (1996), LENZE (1996), WEINERT (1996), AMBERGE (1997), ASCHWER (1997), DITGES (1997). Verdienstvoll fasste KETTRUP (1998) die vielen Einzelergebnisse in einer Diplomarbeit mit einer Gesamtkarte (Abb. 21) zusammen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 6: Zechnerkogel (977 m, Meta-Tuffe mit Geröllen), Bildmitte vlg. Fritz, eiszeitliche Verebnungsfläche von Goriach mit Magdalensbergstraße. Am oberen rechten Bildrand Ulrichsberg. Blick vom Gipfelplateau. Foto: Thiedig, Mai 2002

Altersstellung

Die Altersstellung der Magdalensberg-Folge gilt durch die Brachiopoden-Funde (Abb. 19 bis 21) von SEELMEIER (1938) als Ober-Ordovizium (vor ca. 450 Millionen Jahren) gesichert. H. FLÜGEL (1958) hat das Caradoc-Alter wegen des schlechten Erhaltungszustandes der Brachiopoden bezweifelt. Erneut hat RIEHL-HERWIRSCH (1970) die Frage der Altersstellung eingehend diskutiert und durch Conodonten-Funde[4] (Bestimmungen durch MOSTLER, Innsbruck) das ordovizische Alter bestätigt. Eine Neubearbeitung des Brachiopoden-Fundmaterials und neuer Aufsammlungen durch HAVLIČEK et al. (1987) bestätigte das ordovizische Caradoc (Beroun) Alter. Unterschiede zwischen Seelmeier und Riehl-Herwirsch bestehen aber in der stratigraphischen Position der fossilführenden Schichten. Während SEELMEIER (1938 und 1940) zuerst eine liegende Position zu den vulkanischen Ablagerungen angibt, ist RIEHL-HERWIRSCH (1970) der inzwischen bestätigten Ansicht, dass sich die fossilführenden Schichten im Hangenden der vulkanischen Folge befinden.

In sandig-tonigen Schiefern des unteren Bereichs der Magdalensberg-Folge südlich St. Paul (bei vlg. Pum, GÖK 205) und südlich Bleiburg in Ostkärnten entdeckte REITZ (1994) unter-ordovizische Acritarchen-Spektren (Arenig und Tremadoc). Dies sind die ältesten bekannten Kärntner Mikrofossilien mit einem Alter von etwa 490 Millionen Jahren. Über ähnliche Funde berichtet SCHNEPF (1989) aus dem Murauer Paläozoikum.

Aus den Schichtlagerungsverhältnissen ist anzunehmen, dass möglicherweise auch noch ältere, kambrische Anteile in den Schiefern der Magdalensberg-Folge verborgen sind.

[4] Conodonten („Kegelzähne") sind 0,2 bis 3 mm lange zahnähnliche Fossilien mit hohem spezifischem Gewicht, die aus Karbonat-Apatit bestehen. Das etwa 2 bis 2,5 cm große fassförmige Conodonten-Tier lebte vorwiegend planktisch, ähnlich den heutigen Tunicaten. Man kennt bilateral gebaute zusammengehörige Multi-Element-Apparate, die aus 12 bis 22 Conodonten-Paaren bestehen. Die Conodonten-„Zähne" zeigen keine Abnutzungsspuren, ihre Apparate haben vermutlich mehr eine Stützfunktion im Zusammenhang mit der Nahrungsaufnahme besessen. (aus: LEHMANN 1985), Abb. 22.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Paläogeographie des Ordoviziums, Silurs, Devons und Karbons

Das Zeitalter des Ordoviziums (benannt nach einem keltischen Volksstamm in Nord-Wales) umfasst den Zeitraum von ca. 53 Millionen Jahren vor 495 bis 442 Millionen Jahren (HAQ & VAN EYSINGA 1998).

Die Verteilung von Land und Meer war sehr verschieden von der heutigen Lage der Kontinente. Nordamerika mit Grönland reichte von 30° Süd bis 30° Nord, lag also mitten auf dem Äquator (Abb. 7). Die fennosarmatische (osteuropäische oder Baltica-Platte mit Skandinavien und Russland) befand sich etwa 30° südlich des Äquators. Weiter südlich lag die große Landmasse des Gondwana-Super-Kontinents mit Afrika, Südamerika, Antarktis, Australien, Indien und Teilen Ostasiens, die vom Südpol fast zum Äquator reichte. Die nördliche Halbkugel war weitgehend vom Meer bedeckt. Das Gebiet der heutigen Ostalpen lag am Nordwestrand Afrikas bei etwa 50° südlicher Breite und war durch ein breites Meer, den Rheïschen Ozean von Nordeuropa getrennt. Die westliche Sahara mit Algerien und Marokko lag nahe dem Südpol und war zeitweise von Gletschern bedeckt. Die Iberische Halbinsel mit Armorica (Normandie) und die Böhmische Masse (Perunica) waren vermutlich inselartige Terranes.

Die Kontinente zeigten eine deutliche klimatische Zonierung. Besonders in den Bereichen des äquatorialen Gürtels entwickelten sich in den flachen warmen Meeren erstmals in der Erdgeschichte die Korallen und andere wirbellose Tiere. Sonst waren vor allem Trilobiten, Graptolithen und Brachio-

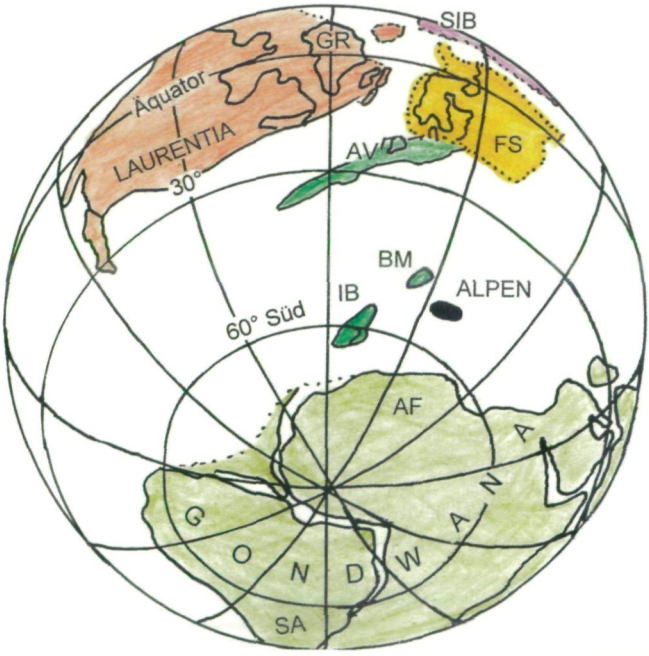


Abb. 7: Paläogeographische Situation während des Ordovizums vor etwa 360 Millionen Jahren, zur Zeit der vulkanischen Tätigkeit innerhalb der Magdalensberg-Folge. Blick auf die südliche Erdhalbkugel mit dem Gondwana-Kontinent und Position des Südpols. Alpen (schwarzer Fleck): Lage der Alpen, BM: Lage der Böhmischen Masse, IB: Iberische Halbinsel mit Normandie, AV: Avalonia mit Südengland, FS: Fennosarmatia (Baltica) mit Skandinavien und dem europäischen Russland, Laurentia (Nordamerika), GR: Grönland, SIB: Sibiria, SA: Südamerika, AF: Afrika. Verändert nach: Geologische Bundesanstalt „Rocky Austria – Eine bunte Erdgeschichte von Österreich" (1999:36).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

poden verbreitet. Als erste Wirbeltiere erscheinen die kieferlosen Panzerfische.

Plattentektonische Ereignisse verursachten starke vulkanische Tätigkeiten in Nordamerika, Nordeuropa (kaledonisches Gebirge) und im Gebiet des späteren Alpenraumes.

Position des Kärntner Raumes im Ordovizium

Vor einigen Jahren hat sich LOESCHKE (1989) mit der plattentektonischen Stellung der Vulkanite der Magdalensberg-Folge beschäftigt. Er vermutet einen intrakontinentalen Riftbereich oder eine Lage an einem passiven Kontinentalrand.

Sämtliche seiner 13 chemischen TiO_2-MnO-P_2O_5 Analysen fallen in das Feld der Alkali-Basalte ozeanischer In-

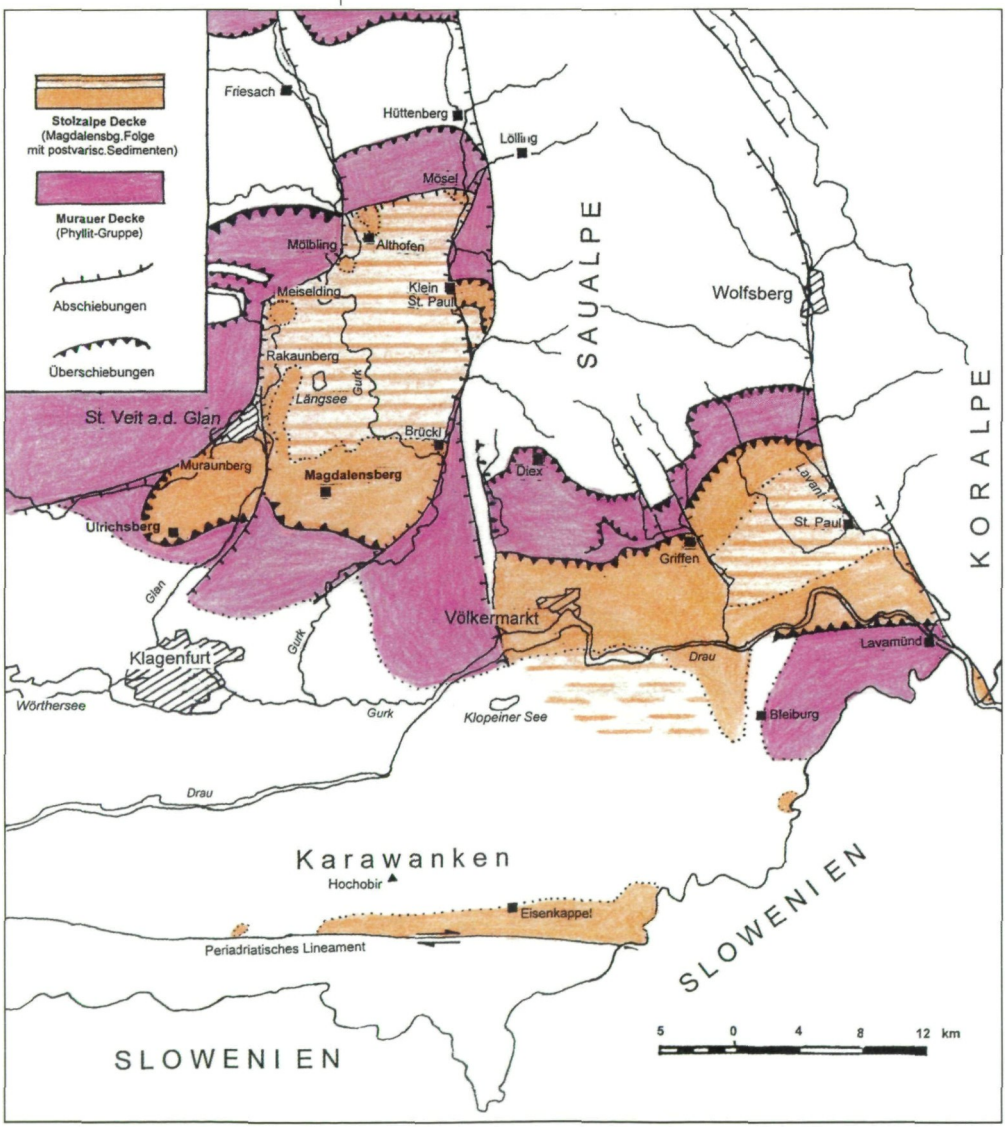


Abb. 8: Übersichtskarte der Verbreitung altpaläozoischer Gesteine im Gurktaler Deckensystem Mittelkärntens, Murauer Decke (violett) und Stolzalpen Decke. (orange; gestreift: postvariscisches Deckgebirge transgressiv auf der Magdalensberg-Folge). Entwurf: Thiedig 2005

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

seln (Diagramm nach MULLEN 1983). In einem Ti + Zr-Ca Diagramm (nach LETERRIER et al. 1982) fallen die Titan- und Zirkon-Gehalte von 47 Klinopyroxen-Einsprenglingen von Spiliten der Magdalensberg-Folge alle in das Feld der nicht-orogenen Basalte. Schaut man auf das Bild der Erde für die Zeit vor 460 Millionen Jahren (entspricht etwa dem Ober-Ordivizium), so findet man den ehemaligen Gondwana-Kontinent in südpolarer Lage (Abb. 7). Die Position der erst viel später gebildeten Alpen wird etwa bei 50° südlicher Breite im Rheïschen Ozean vermutet, nördlich der afrikanischen Küste des Gondwana-Kontinentes und in der Nähe zweier kleiner Kontinentplatten, der Perunica- (BM, Böhmische Masse) und der Armorica-Iberia-Platte (IB, Normandie mit spanischer Halbinsel). Zunächst verbreitert sich der Rheïsche Ozean, aus dem sich dann im Mesozoikum (Trias) der Tethys-Ozean durch Spreizung des Ozeanbodens entwickelt. Dabei wandern die Nordkontinente Laurasia (Nordamerika), Avalonia (AV), Armorica mit Iberia (IB), sowie Fennosarmatia (FS, Baltica, Nord- und Osteuropa) weiter nach Norden. Diese Entwicklung ist sehr schön in dem Band „Rocky Austria, eine bunte Erdgeschichte von Österreich" dargestellt (Geologische Bundesanstalt Wien 1999). Gleichzeitig hatten sich alle Kontinente im Perm zu dem einzigen Großkontinent Pangaea vereinigt. Aus dem kühlen südlichen Rheïschen Ozean war ein warmer Tethys-Ozean in äquatorialer Position entstanden.

Stratigraphie der Magdalensberg-Folge und Sedimentations-Bedingungen

Vereinfacht dargestellt besteht die ordovizische Magdalensberg-Folge aus einem schätzungsweise 500 m bis 700 m mächtigen Paket vulkanischer Produkte in Form von sehr verschiedenen Tuffen und anderer vulkano-klastischer Gesteine, die meist durch Meeresströmungen umgelagert wurden. Die Abfolge wird im Liegenden und Hangenden von Tonschiefern unter- bzw. überlagert. Man könnte es auch so beschreiben, dass eine feinkörnige marine Sedimentation von Silt- und Tonmaterial durch eine vulkanische Tätigkeit zeitweise (vermutlich nur wenige Millionen Jahre) unterbrochen wurde. Es ist anzunehmen, dass die vulkanischen Interruptionen kurzzeitiger andauerten als die Ablagerung der „normalen" sehr feinkörnigen Ton- und Silt-Partikel, die in einer relativen Landferne viel langsamer sedimentiert und später zu Tonschiefern verfestigt wurden. Dabei spielten Meeresströmungen eine wichtige Rolle als Transportmittel.

Der vermutlich erst im oberen Ordovizium einsetzende und nur relativ kurzzeitig aktive basische Vulkanismus fand überwiegend submarin statt. Die unter Wasser ausgestoßenen feinen Aschen und auch gröberen Tuffe wurden durch die Meeresströmungen sortiert und verteilt. Basaltische Laven sind nur selten ausgetreten, sie blieben meist als flache Lagergänge (sills) oder als vertikale Gangfüllungen (dikes) in den

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

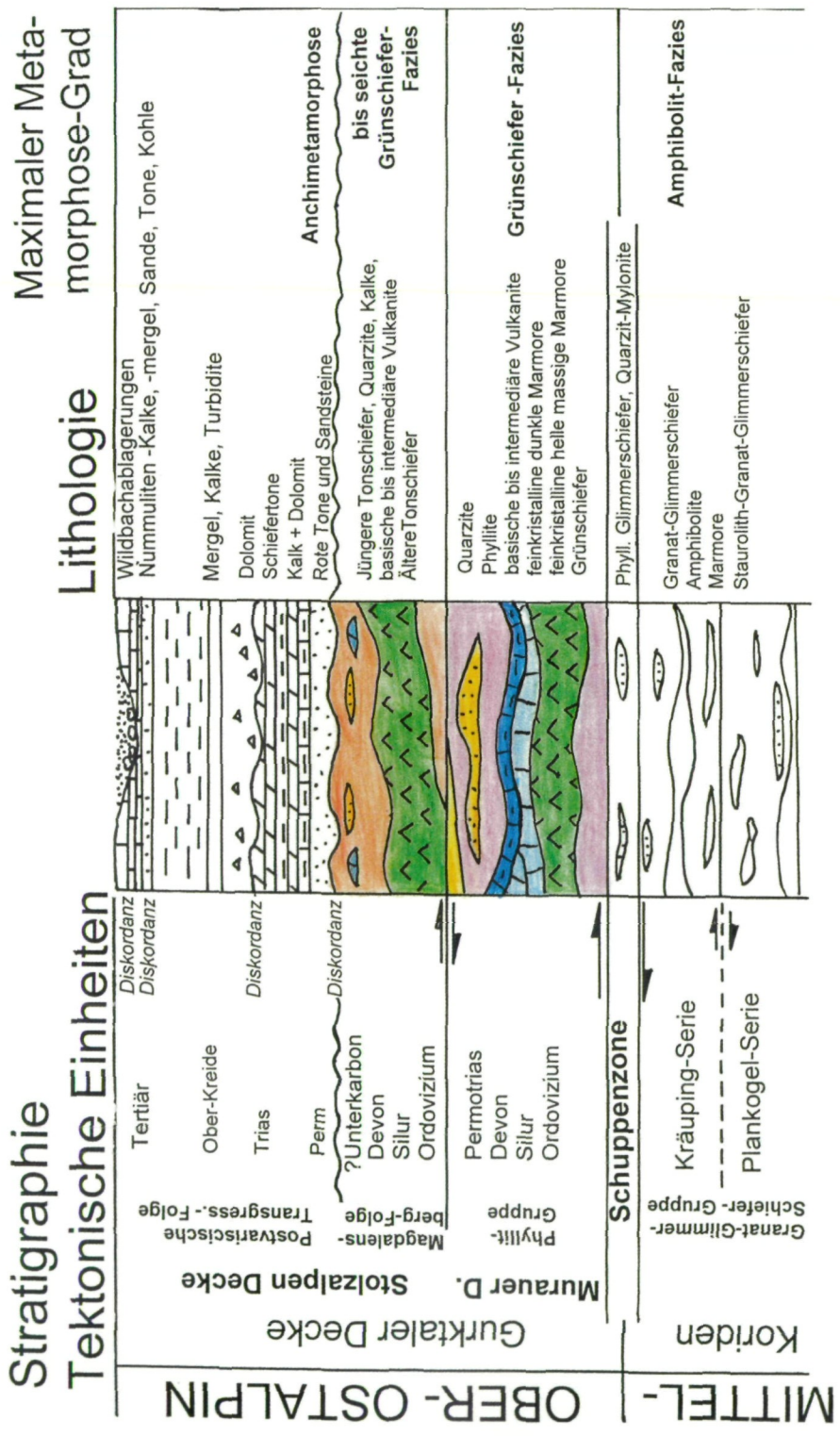


Abb. 9: Stratigraphische Übersicht und Gliederung der tektonischen Decken-Einheiten des Ostalpins in Mittelkärnten (farbig: metamorphes Paläozoikum mit der Phyllitgruppe der Murauer Decke, darüber Stolzalpendecke mit gleich altem Paläozoikum). Verändert nach MANBY & THIEDIG (1988:196).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Ablagerungen des Schichtvulkans stecken. Nur ganz selten haben sich einzelne Eruptionszentren zu Vulkankörpern entwickelt, die die Wasseroberfläche überragten. Nur in wenigen Fällen ist die basaltische Lava direkt mit dem Meerwasser in Kontakt geraten, wobei in solchen Fällen rundliche Kissenlaven (pillows), z. B. im Steinbruch Paule (WIESE 1995) gebildet wurden. Solche festen Laven oberhalb der Wasserlinie hat die Brandung zu Geröllen und Konglomeratlagen umgeformt, wie wir sie z. B. bei der Höhe 727 nordöstlich von St. Donat (WEINERT 1996), und an der Bundesstraße 82, NW Selesen bei Brückl und am Landschadenkogel (RIEHL-HERWIRSCH 1970) gefunden haben. Es gibt aber auch gröbere Brekzien, die ihren Ursprung vermutlich in Brockentuffen haben, die als submarine Eruptionen keinem wesentlichen Abtrag unterworfen waren.

Die von RIEHL-HERWIRSCH 1970 beschriebenen, relativ selten vorkommenden Karbonatgesteine (z. T. Dolomit- und Kalklinsen), die sowohl in den Hangenden und Liegenden Tonschiefern als auch in den vulkanischen Tuffen eingelagert sind, haben nur in wenigen Fällen bestimmbare Fossilien, vor allem Conodonten, erbracht. Einige werden als „Riffknospen" gedeutet, die durch stärkere Anlieferung von vulkanischem Tuffmaterial am weiteren Wachstum gehindert wurden.

Häufig ist das vulkanische Tuff-Material auch mit tonigem Material vermischt, die dann als Tuffite bezeichnet wurden. Dieses tonige Material ist eine feinste Trübe, die von weiter entfernten Flüssen in das Meer transportiert und von Meeresströmungen verteilt wurde, es bildet das normale Sediment, das ohne die starke Zufuhr von vulkanischen Produkten, wie Aschen und Tuffen verschiedener Korngröße, normalerweise allein am Meeresboden abgelagert worden wäre.

Magdalensberg

Durch KAHLER (1953) wurden die paläozoischen Schiefer mit den Vulkaniten in Kärnten als Magdalensbergserie benannt, ohne ein typisches Profil oder eine Typlokalität anzugeben. Die erste, leider unveröffentlichte, Detailkartierung vom Magdalensberg 1:10 000 mit dem Gipfelgebiet im Maßstab 1:2 000, stammt von MITSCH (1967). Vom Magdalensberg selbst existiert bisher kein brauchbares Gesamtprofil. Dies ist auch schwierig, weil vor allem der Südfuß des Magdalensberges durch mächtigere quartäre Ablagerungen des Draugletschers verhüllt ist (LICHTENBERGER 1959, VAN HUSEN 1976). Die Schichtfolge ist viel unvollständiger, weniger mannigfaltig und sehr viel schlechter aufgeschlossen als in dem Gebiet in der Umgebung des Christofberges. Von diesem östlich benachbarten Gebiet mit dem Landschadenkogel (Abb. 2 und 3) – Christophberg – Wartschler hat RIEHL-HERWIRSCH (1965) eine geologische Karte im Maßstab 1:25 000 und fünf Jahre später die gleiche Karte nochmals farbig mit mehr Details publiziert (RIEHL-HERWIRSCH 1970). In seiner

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 10: Neuer Steinbruch in karbonatischen Meta-Tuffen, ca. 400 m SW von vlg. Labon (St. Sebastian), NE-Seite des Magdalensbergs. Foto: Thiedig 2002

Arbeit (1970) über die Altersstellung der Magdalensberg-„Serie" schlägt er vor, sie nach den neuen internationalen Nomenklaturregeln nun Magdalensberg-„Folge" zu nennen. In dieser Veröffentlichung beschreibt RIEHL-HERWIRSCH (1970) sehr anschaulich einen farbigen idealisierten Profilschnitt durch den Christofberg, den man als bestes schematisches Profil der Magdalensberg-Folge und damit als Typlokalität ansehen kann.

Die bisher genauesten Kartierungen vom Magdalensberg im Maßstab 1:10 000 und 1:5 000 sind erst in jüngster Zeit (siehe oben Kapitel über die Geschichte der geologischen Erforschung) vorgelegt worden.

Betrachtet man nun den Aufbau der Schichtenfolge auf den Karten der genannten Autoren, so fällt auf, dass am Magdalensberg eine relativ eintönige Abfolge von Pyroklastiska (vulkanische Lockermassen) vorliegt. Sie sind die Hauptbestandteile der Magdalensberg-Folge, die im Ursprung vulkanische Lockersedimente, wie Tuffe mit verschiedenen Korngrößen, von feinkörnigen Staub-, Aschen- bis zu sehr groben Lapilli- und Bombentuffen darstellen. Bei den feinkörnigen Tuffen fallen einzelne meist nur Dezimeter bis Meter mächtige violette Tufflagen auf, die reicher an Hämatit sind. Sie sind auch in der weiteren Umgebung häufiger verbreitet, so z. B. im Altpaläozoikum östlich Klein St.Paul (STREHL 1962) oder am Rakaun- und Passberg westlich des Längsees (BAUER 1987), oberhalb des Tempels im Grabungsgelände, beim Mirtlbauer und östlich des Rotenkogels (GÖBEL 1995).

Untergeordnet treten basaltische Laven auf, die früher als Meta-Diabase bezeichnet wurden (ANGEL 1934, KIES-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 11: Aufschluss in der Straßenböschung mit Meta-Tuffen unterhalb des Gipfel-Gasthauses am Magdalensberg (oben links am Bildrand). Foto: Thiedig 2004

LINGER 1956). Gegenüber der ursprünglichen Basaltlava haben sich diese paläozoischen „Meta(morphen)-Diabase", jetzt Meta-Basalte genannt, in ihrer Mineralzusammensetzung stark verändert. Früher glaubte man, dass dies Alterungsprozesse seien, oder die variszische Gebirgsbildung die Minerale umgebildet hätte. Heute wissen wir, dass bereits die frische häufig glasige basaltische Lava durch den Kontakt mit dem Meerwasser bei ihrem Austritt Wasser aufnimmt. Dabei werden die wasserfreien Pyroxene in wasserhaltige Hornblenden und Chloritminerale umgewandelt und bei den anorthitreichen Feldspäten wird das Kalzium gegen das Natrium des Meerwassers ausgetauscht, also aus einem kalziumreichen Plagioklas entsteht ein Albit oder Oligoklas. Dieser Vorgang wird Spilitisierung genannt. Es gibt aber auch Vorgänge, bei denen die spilitischen Basalte aus einem wasserhaltigen primären Magma entstanden sein können (WIMMERNAUER 1985:209). Typisch für solche submarinen Basaltlaven sind die Kissenlaven (Pillowlaven), kleinere Lavakörper, die sich bei dem Kontakt mit dem Meerwasser rasch abkühlen, eine harte äußere glasige Kruste bilden, während das Innere noch zähflüssig ist. Beim Austreten weiterer Lava werden die darunter liegenden „Lavakissen" durch die Auflast gedrückt und verformen sich kissenförmig. Die in der Lava enthaltenen Gase sind zunächst in kleinen kugeligen Hohlräumen enthalten, die beim Fließen der Lava oder durch tektonische Prozesse gelängt werden. Es entstehen löchrig erscheinende „Mandelsteine", die später mit anderen Mineralen, wie Kalzit, Achat (Quarz) oder Zeolith gefüllt werden.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 12a: Aufschluss (identisch mit Abb. 12b) von Meta-Tuffen der Magdalensberg-Folge mit Gerölllagen im unteren Bereich (?Strandkonglomerate) an der Straße B 82 zwischen Brückl und St. Veit a. d. Glan, ca. 1 km NW Selesen. Foto: Thiedig 1997

Kleinere Vorkommen von Pillowlaven sind nordwestlich des Magdalensbergs am Nordwestabhang des Zechnerkogels in einem zur Zeit relativ dichten Jungwald ca. 1 km östlich St. Donat (Höhe 727, nördlich Lientratner) und südlich des Gipfels in 980 Meter Höhe (oberhalb des Archäologischen Parks) aufgeschlossen (WEINERT 1996, KETTRUP 1998).

„Diabas"-Mandelsteine wurden von mehreren Autoren beschrieben (KAHLER 1953, MITSCH 1967, GÖBEL 1995, WEINERT 1996 und KETTRUP 1998) z. B. am Osthang des Magdalensberg-Gipfels und auf der Ostseite des Rotenkogels.

Andere Meta-Basalt-Vorkommen haben dichte Gefüge und stammen von Basaltgängen ab, die entweder als horizontale Lagen oder als vertikale Gänge in die bereits abgelagerten Tuffe eingedrungen sind.

Ein weiteres massiges Gestein bilden Konglomerate aus monomikten, nur Meta-Basalten bestehenden Komponenten. Sie werden als Beweise angesehen, dass die meist unter Wasser ausgetretenen Tuff- und Lavaausbrüche eines Stratovulkans (aus wechselnden Schichten aufgebaut), vereinzelt auch einen über die Wasseroberfläche herausragenden Vulkankörper aufgebaut haben (Inselvulkane). An deren Ufer hat die Brandung sehr gut gerundete Gerölle aus den massigen Lavapartien hergestellt und als Strandgerölle abgelagert. RIEHL-HERWIRSCH (1970:201) hat in einem Horizont von Strandgeröllen Fossilreste von Brachiopoden gefunden.

Unterhalb der mehrere 100 Meter mächtigen vulkanischen Folge liegen die Unteren Tonschiefer unbekannter Mächtigkeit, während die Oberen Tonschiefer der

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 12b: Aufschluss (identisch mit Abb. 12a) von Meta-Tuffen der Magdalensberg-Folge mit Gerölllagen im unteren Bereich (?Strandkonglomerate) an der Straße B 82 zwischen Brückl und St. Veit a. d. Glan, ca. 1 km NW Selesen. Aufschlusswand nach Felssicherung mit Felsankern und Überspritzung mit Beton. Foto: Thiedig 2004

Magdalensberg-Folge mit geringeren Mächtigkeiten am Christofberg aufgeschlossen sind. Manchmal sind auch innerhalb der pyroklastischen Ablagerungen feinkörnige tonreiche, gelegentlich siltsandige Schieferlagen vorhanden, die als die normale Sedimentation angesehen werden. In ihnen ist sicherlich ein länger andauernder Abschnitt der Erdgeschichte dokumentiert, als während der mächtigeren, aber in kürzerer Zeit entstandenen, vulkanischen Tätigkeit. Die durch den Vulkanismus geförderten Tuffe wurden durch Meeresströmungen verteilt und haben sich teilweise mit tonigem Material zu Tuffitten vermischt. RIEHL-HERWIRSCH (1970:203) hat einen bestimmten braun verwitterenden Tuffit als oberste Ablagerung und damit als Ende der vulkanischen Tätigkeit angesehen.

Die Schieferung wurde während der variscischen Phase in der Karbonzeit angelegt und während der alpidischen Phase erneut schwächer überprägt (SCHRAMM et al. 1982).

Das Gebiet des Magdalensberges gehört zur höchsten Horstscholle des von Norden her in das Bergland zwischen Brückl – St. Philippen und St. Donat – St. Michael am Zollfeld nach Süden hinein reichenden Krappfeldgraben (THIEDIG 2004). Aus diesem Grunde sind das obere Stockwerk der vulkanischen Ablagerungen und alle ehemals darüber liegenden silurischen und devonischen Schichten, ebenso wie die mächtigen postvariscischen Sedimente (Abb. 9), am Magdalensberg längst abgetragen. Aus den geologischen und tektonischen Verhältnissen auf der Westflanke des Labongrabens ist außerdem ersichtlich, dass an dieser Stelle bereits vor der

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 13: Grüne Meta-Tuffe bis Tuffite der Magdalensberg-Folge. Römerzeitlich überbauter Aufschluss (ehemaliger Steinbruch) im Archäologischen Park, Wohn- und Werkstättenbezirk Gebäude NG 18 mit 4 m tief in den Felsen gehauener, umzäunter Zisterne. Foto: Thiedig 1997

Ablagerung der permischen Schichten nur noch eine gering mächtige Auflage von Tonschiefern über der vulkanischen Abfolge vorhanden war (Göbel 1995).

Einige Aufschlüsse aus dem Bereich des Magdalensberges und seiner näheren Umgebung sind in den Abbildungen 10 bis 19 wiedergegeben.

Bergland östlich des Magdalensberges

Geologisch ist dieses Gebiet zwischen St. Christoph und Brückl am besten auf der Tafelbeilage zu Riehl-Herwirsch (1970) im Maßstab 1:25 000 dargestellt. Hier ist das Profil am vollständigsten, das Riehl-Herwirsch (1970:124, Abb.1) als schematisches Idealprofil beigefügt hat. Er vermutet auch, dass das vulkanische Zentrum noch weiter östlich davon gelegen hat („vermuteter Schlotbereich"). Da man nun aber in verschiedenen Richtungen Teile dieses Profils in einer sehr ähnlichen Ausbildung finden kann, sowohl nach Norden (Klein St. Paul, bei Taggenbrunn, östlich von St. Veit), nach Osten (nördlich Völkermarkt und in den St. Pauler Bergen), nach Westen (am Fuße des Ulrichsberges und bei Schloss Karlsberg), vermutlich auch nach Süden (in der Ebriacher Klamm in den Karawanken (Abb. 8), das nördlich des Periadriatischen Lineaments den vermutlichen Südrand der Gurktaler Decke darstellt, allerdings dort noch unbestimmten Alters), muss man vermutlich von einer größeren regionalen Verbreitung mit zahlreichen verschiedenen Eruptionszentren ausgehen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 14: Ehemaliger Römischer Steinbruch in bräunlich anwitternden Meta-Tuffen im Ausgrabungsgelände des Archäologischen Parks am Magdalensberg, Wohn- und Werkstättenviertel, Haus NG 32. Foto: Thiedig 1997

Das Bergland östlich des Magdalensberges stand auch in den 1940er Jahren im Mittelpunkt des Interesses, als SEELMEIER (1938, 1940) am Südabhang des Christofberges bestimmbare Brachiopoden entdeckte (Abb. 20), die MURBAN (1938) als ordovizisch einstufen konnte. KAHLERS Karte von der Umgebung Klagenfurts (1962) im Maßstab 1:50 000 zeigt die Lagerungsverhältnisse nur sehr grob, es fehlen zahlreiche wichtige Störungen, die aber RIEHL-HERWIRSCH (1970) auf seiner Detailkarte 1:25 000 weitgehend erkannt hat. Ihm gelang es erstmals eine klare Gliederung der Magdalensberg-Folge mit zahlreichen bis dahin unbekannten Details aufzustellen. Dazu gehört ein kleines Kalkvorkommen in den Unteren Tonschiefern westlich der Chlorfabrik von Brückl, das eine Fauna lieferte, die eine Reichweite vom höchsten Unter-Ordovizium bis zum tiefsten Silur besitzt (NEUBAUER & PISTOTNIK 1984:155). Am Landschadenkogel fand RIEHL-HERWIRSCH (1970) Pillowlaven und monomikte Meta-Basalt-Konglomerate, die er als Strandkonglomerate deutete.

Er entdeckte auch die sauren Vulkanite (Keratophyre) und die Fortsetzung der Fossilien führenden Tuffitlage, in der SEELMEIER (1938) die ersten Brachiopoden gefunden hatte. Wichtig waren die Funde von Kalkeinschaltungen (RIEHL-HERWIRSCH 1970:207 Ober-Ordovizium) in den Oberen Tonschiefern und die Lyditlagen. Ähnliche schwarze Kieselschiefer hatten schon KAHLER & WOLSEGGER (1934:6) bei Blintendorf zusammen mit einem stark zerklüfteten Meta-Basalttuff beobachtet. RIEHL-HERWIRSCHS Verdienst war es auch, die Kalkproben auf ihren Gehalt an Conodonten durch

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 15: Grüne Meta-Tuffe, alter römischer Steinbruch westlich des sog. Felsen-Heiligtums im Archäologischen Park auf dem Magdalensberg, Ausgrabung und Freilegung durch Dolenz 2002. Höhe des Aufschlusses ca. 10 m. Foto: Thiedig 2002

MOSTLER (Innsbruck) prüfen und untersuchen zu lassen. Die Conodonten erlangten damals gerade große Bedeutung für die Alterseinstufung paläozoischer Sedimente (Abb. 22). Viele Proben enthielten keine Mikrofossilien, in einigen wenigen, z. B. vom Christofberg konnte aber zunächst aus kalkigen Tufflagen der oberen Tonschiefer ein Alter ermittelt werden, das ins höhere Caradoc bis Ashgill einzustufen war, damit also ein Ober-Ordovizium-Alter bestätigt wurde. Dieses Alter hat sich später noch einmal durch HAVLIČEK et al. (1987) bei einer Neubearbeitung der Brachiopoden von dem alten Fundpunkt zwischen den Gehöften vlg. Brucknig und vlg. Karlbauer ergeben.

Im Gebiet NW St. Michael ob der Gurk (SE des Christofberges, ca. 1 km von St. Filippen) konnte GROSCHOPF (1970) aus einer Vielzahl von Proben aus phyllitischen Tonschiefern (Untere Magdalensberg-Folge) ein Mikrofossil (Chitinozoe) aus der Gruppe der Acritarcha entdecken (Hystrichosphäridae), das vom Ordovizium bis zum Devon beschrieben ist, aber besonders im Ordovizium verbreitet ist.

Silur – Devon – Karbon in Mittelkärnten

Die in den vorher gehenden Kapiteln geschilderte Entwicklung des Ordoviziums wird abgelöst durch silurische, devonische und unterkarbonische Ablagerungen. Gemessen an der relativ großen Verbreitung der ordovizischen vulkanischen Abfolge, sind die jüngeren silurischen, devonischen und unterkarbonischen Ablagerungen im untersuchten Mittel- bis Unterkärntner Raum viel spärlicher und kleiner.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 16: Stark verwitterte und rasch zerfallende bräunliche Tonschiefer bis Tuffitte. Aufschluss im Archäologischen Park *auf dem Magdalensberg, links* römische Mauerreste. Foto: Thiedig 1997

Im unmittelbaren Bereich des Magdalensberges fehlen die obersten Schichten des Ober-Ordoviziums. Sie sind bereits abgetragen, aber in den Bergen östlich des Magdalensberges hat RIEHL-HERWIRSCH (1970:201) mit Conodonten ein unter-silurisches Alter von kalkigen Knollen aus Tuffiten belegen können. In den Lyditen aus den oberen Tonschiefern nahe von vlg. Wartschler fand RIEHL-HERWIRSCH (1970) Theken von Graptolithen, die ein devonisches Alter ausschließen und damit ein silurisches Alter wahrscheinlich machen. Aus Vergleichen mit Profilen aus den Karnischen Alpen hatten KAHLER & WOLSEGGER 1934 bereits auf ein mögliches silurisches Alter der Lydite von Blintendorf (südlich St. Veit a. d. Glan) geschlossen.

RIEHL-HERWIRSCH (1970) berichtet von flyschartigen Sedimenten (vermutlich silurischen Alters), die die normalen Ablagerungen der Oberen Tonschiefer der Magdalensberg-Folge ablösen.

Am Nordrand der Murauer Decke hat NEUBAUER (1979) als ältestes bestimmbares Gestein ein ähnliches oberstes Ordovizium-Alter (Ashgill) von Karbonatgesteinen mit Hilfe von Conodonten nachweisen können.

Karbonat-Gesteine devonischen Alters sind häufiger belegt an verschiedenen Fundpunkten. Die Fundorte (Abb. 8) sind verstreut bei Eberstein, Klein St. Paul, Aich bei Althofen und Mölbling (BUCHROITHNER 1979). Allerdings sind nicht alle Stufen des Devons nachgewiesen.

Möglicherweise gehören Tonschiefer mit Lyditen im Steinbruch Aich bei Althofen bereits zum Unterkarbon (SCHÖNLAUB 1971).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Postvariscische Transgression-Serie

Der Komplex des Altpaläozoikums (Magdalensberg-Folge) innerhalb der Stolzalpe-Decke in Mittelkärnten wurde während des Karbons von einem plattentektonischen Ereignis deformiert und schwach metamorphisiert. Noch während des Oberkarbons sind die gefalteten und geschieferten Schichten des beschriebenen Altpaläozoikums, bruchtektonisch gehoben und einer intensiven Erosion ausgesetzt worden. Als die postvariscische Sedimentation an der Zeitgrenze Oberkarbon/Unterrotliegend einsetzte, wies die Landoberfläche ein deutliches Relief auf, wobei besonders Karbonatgesteine, massige Vulkanite und quarzitische Gesteine als Höhen, Tonschiefer als Senken herauspräpariert waren (Abb. 9).

Der Bereich der heutigen Ostalpen war durch die plattentektonischen Ereignisse inzwischen nach Norden in die sub- bis tropische Klimazone gewandert. Über dem oben geschilderten Relief bildeten sich nun während der Permzeit lokale Becken, die unter tropischen lateritischen (Roterde) Verwitterungs-Bedingungen vor allem mit roten Tonen und siltsandigen Schichten gefüllt wurden, in manchen der relativ kleinen Becken, haben sich anfangs mit lokalem Schutt kieselige Brekzien oder auch Evaporite (Gipse und Salze) gebildet, die von roten tonigen und siltsandigen Schichten (Werchzirm-Formation) überdeckt wurden. Im oberen Perm gab es einen Umschwung in der Sedimentation mit einem Ferntransport von verwitterten Metamorphiten aus westlicher Richtung, zeitweise mit erheblichem Anteil von Rhyolithen (ähnlich den Bozener Quarzporphyren) SYLVESTER (1989).

Diese häufig Geröll führenden Gröden-Schichten wurden von einer im Skythium (unterste Triaszeit) einsetzenden

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 17: Steinbruch Paule, ca. 1.5 km NE von St. Donat, Nordfuß des Magdalensberges. Links (Ost): Meta-Chloritflatschen-Tuff, Mitte: Pillow-Lava, rechts (West): Meta-Lapilli- und grüne/violette Staub- und Aschen-Tuffe (nach Wiese 1994). Bildbreite ca. 60 m. Foto: Thiedig 2004

marinen Transgression, den Werfen-Schichten überlagert. In der erdgeschichtlichen Folge wurden in der Triaszeit mächtige marine Dolomite, Kalke und Schiefertone abgelagert. Nach einer Schichtunterbrechung im Raetium (oberste Trias) folgen mächtige marine Oberkreide-Sedimente und alttertiäre Nummulitenschichten (Abb. 9), die z. T. von neogenen Wildbach-Ablagerungen überdeckt werden (Thiedig 1970)

Zur Tektonik des Berglandes um den Magdalensberg

Die Ablagerungen des Alt-Paläozoikums bis zum Unterkarbon sind während der variscischen Phase leicht metamorphisiert und tektonisch deformiert worden. Dies hat vor allem zu einer Schieferung und intensiven Verfaltung geführt. Auf diese Deformation soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Während der alpidischen Phase haben die Überschiebungen der Gurktaler Decke zu weiteren Deformationen und Verstellungen geführt. Insgesamt fällt das Paket der Magdalensberg-Folge im Bergland zwischen St. Donat und Brückl flach bis mittelsteil in die nordwestliche Richtung ein. Bemerkenswert für die heutige Morphologie des Berglandes um den Magdalensberg sind vor allem die bruchtektonischen Verwerfungen des Krappfeldgrabens (Thiedig 1999, 2004:102).

Zwischen den beiden, den Krappfeldgraben begrenzenden Störungszonen, der Zollfeldstörung im Westen und der Görtschitztal-Störung im Osten, haben mehrere Nord-Süd streichende Verwerfungen den Bau des Berglandes um den Magdalensberg bestimmt. Dem Einbruch des Berglandes in den tektonischen Krappfeldgraben und damit einer vor dem Abtrag schützenden Versenkung verdanken die Gesteine der

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Magdalensberg-Folge zwischen St. Donat und Brückl ihre Existenz. Diese Verwerfungen wurden deutlich sichtbar und mit ihrem Versetzungsbetrag abschätzbar durch die Verstellungen der permischen roten Sedimente der postvariscischen Transgressions-Folge.

Der treppenförmige Versatz der einzelnen Graben- und Horstschollen ist im Ost-West-Profil, das durch den Magdalensberg verläuft, sehr gut erkennbar (Abb. 21a). Am Westhang des Zechnerkogels schneidet die auch westlich des Otwinkogels in Nord-Süd-Richtung verlaufende Störung die permischen Rotsedimente ab. Die einst über den weiter östlich folgenden hoch gelegenen Horstschollen mit dem Zechnerkogel und Magdalensberggipfel sind diese permischen Sedimente längst abgetragen. Weiter nach Osten folgt die versenkte Grabenscholle mit dem Rotenkogel, zu auch der Burgfelsen von Hochosterwitz gehört. Es folgen nach Osten weitere Grabenschollen, die abwechselnd die Gesteine der Magdalensberg-Folge als Horstschollen herausheben oder die permischen Rotsedimente in den tektonischen Gräben versenken. Häufig sind die eingesenkten Grabenteile verkippt, was besonders gut an der wechselnden Lage der Rotsedimente erkennbar ist. Interessant ist die tiefste Grabenscholle am rechten Kartenrand, in der beim Oberlaboner und auch weiter nördlich sogar Dolomite, Kalke und Schiefertone der Mitteltrias erhalten sind (Thiedig 2004). Die fossilführenden Gesteine bei vlg. Karlbauer / vlg. Brucknig befinden sich dann wieder auf einer höher gelegenen Scholle. Auch die übrigen Vorkommen paläozoischer Schichten verdanken ihre Existenz der eingesenkten und damit geschützten Lage im Krappfeldgraben (Thiedig 1999).

Vorkommen paläozoischer Schichten im Görtschitztal

Bei Brückl (Labegg und Hart), nördlich Winkler, östlich der Hornburg, Gillitzstein, östlich Klein St. Paul (Bernle), Mösel, Schelmberg.

Auf dem Karten-Blatt Hüttenberg und Eberstein der Geologischen Spezialkarte 1:75 000 hat Beck (1931) dem kleinen Vorkommen von „bunten Schiefer von Labegg" nördlich von Brückl eine eigene Legendensignatur gegeben. Es liegt zwischen Tonschiefern und „Diabasen" (Tuffen) im Liegenden und den transgredierenden roten Schiefertonen der permischen Werchzirm-Formation im Hangenden. Dieses Vorkommen gehört zu dem oberen Bereich der Magdalensberg-Folge das sich noch über 1 km weiter nach Westen oberhalb der quartären Schotterterrasse der Gurk verfolgen lässt (Pesch 1988).

Auf der Westseite der Görtschitz taucht beim Gasthof vlg. Preglitzer unter Rotliegend-Tonen ein kleines Tonschiefer-Vorkommen auf, das sich als schmales Band von vlg. Winkler nach Norden bis unterhalb vlg. Kaiser (südlich

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 18: Meta-Tuffe in der Nordwand des Streinbruchs Paule, ca. 1,5 km NE von St. Donat. Nordfuß des Magdalensbergs. Meta-Tuffe der Magdalensberg-Folge, Schieferung, Klüftung und kleine Störungen sichtbar. Foto: Thiedig 2004

Eberstein) auf einer Länge von ca. 2 km fortsetzt (STREHL 1962, PESCH 1988).

Östlich von Eberstein nahe der Ruine Gillitzstein hat STREHL (1962) in Tonschiefern der Magdalensberg-Folge zwei kleine Kalklinsen entdeckt, die ein devonisches Alter ergaben (CLAR et al. 1963:30, BUCHROITHNER 1979:80). Östlich des Hornbergs, SE von Klein St. Paul, befinden sich ebenfalls kleine Schollen von Tonschiefern und grünlichen Tuffen der Magdalensberg-Folge innerhalb der Görtschitztal-Störungs-Zone zwischen Trias und Saualpenkristallin (STREHL 1962, LEGGEWIE 1970).

Weitere meist kleine Kalklinsen in der von STREHL (1962) kartierten Scholle mit Gesteinen der Magdalensberg-Folge östlich Klein St. Paul bei vlg. Bernle und vlg. Krassnig, und an der Straße von Klein St. Paul nach Prailing (westlich vlg. Bernle) ergaben obersilurische und devonische Alter (CLAR et al. 1963, BUCHROITHNER 1979:74). Zwischen den violetten Aschentuffen im Hangenden und einem grünlichen Fleckentuffit im Liegenden fanden NEUBAUER & PISTOTNIK (1984) in einem Eisendolomit-Vorkommen NE vlg. Bernle eine Conodontenfauna, die ins tiefere Silur einzustufen ist. Dieser Fund bedeutet, dass die Magdalensberg-Folge am Christofberg mit der Abfolge von Klein St. Paul vermutlich nicht direkt korrelierbar ist. Es muss sich um zwei zeitlich verschiedene vulkanische Ereignisse handeln (NEUBAUER & PISTOTNIK 1984), da nach RIEHL-HERWIRSCH (1970) am Christofberg die vulkanische Aktivität in der Magdalensberg-Folge bereits im Oberordovizium abgeschlossen war. Dieses Ergebnis führt zu der Konsequenz, dass vermutlich die beiden Ablagerungs-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 19: Fundort der Brachiopodenreste (Seelmeier 1938), kleiner Steinbruch in karbonatischen Tuffen im Wäldchen (ca. 800 m) zwischen vlg. Karlbauer und vlg. Brucknig, südlich der Kirche von St. Christof (siehe Abb. 20a bis 20c). Foto: Thiedig 2004

gebiete ursprünglich nicht so nahe gelegen haben, wie wir sie heute vorfinden. Außerdem kann ja in nicht unmittelbar benachbarten Arealen eine vulkanische Tätigkeit auch länger angedauert haben.

In einer Störungszone zwischen den Kreidemergeln und dem feinkörnigen Marmor südlich vlg. Möselhof wurden helle paläozoische Kieselschiefer unbekannten Alters ergraben (Thiedig 1962). Dieses Vorkommen paläozoischer Gesteine setzt sich auf der Westseite der Görtschitz beim Schelmberg mit Einlagerungen von kleineren Kalklinsen und einem schwarzen Kieselschiefer-Vorkommen fort. Haberfelner (1936:404) vermutete ein höheres Ordovizium. Neubauer & Pistotnik (1984:154) haben aus den Kalken am Schelmberg Conodonten gewonnen und Mitteldevon, Oberdevon und Unterkarbon nachgewiesen.

Vorkommen bei Althofen (Aich) und Mölbling (Epritz)

In einer West-Ost-verlaufenden Störungszone am Nordrand des Krappfeldgrabens sind in der Gemeinde Althofen bei der Ortschaft Aich in einem alten Steinbruch und im hochgelegenen alten Ortskern von Althofen kalkige oder dolomitische paläozoische Schichten aufgeschlossen, die von Redlich (1905) in der farbigen geologischen Karte als Trias dargestellt sind, während Beck (1928:28, Karte 1931) die roten und grauen Kalkschiefer und Netzkalke ins Silur, dunkle Kalke und die Kieselschiefer unbestimmten Alters weiterhin fraglich in die Trias stellt. Wenig später hat Haberfellner (1936) den Steinbruch genauer untersucht und die verschie-

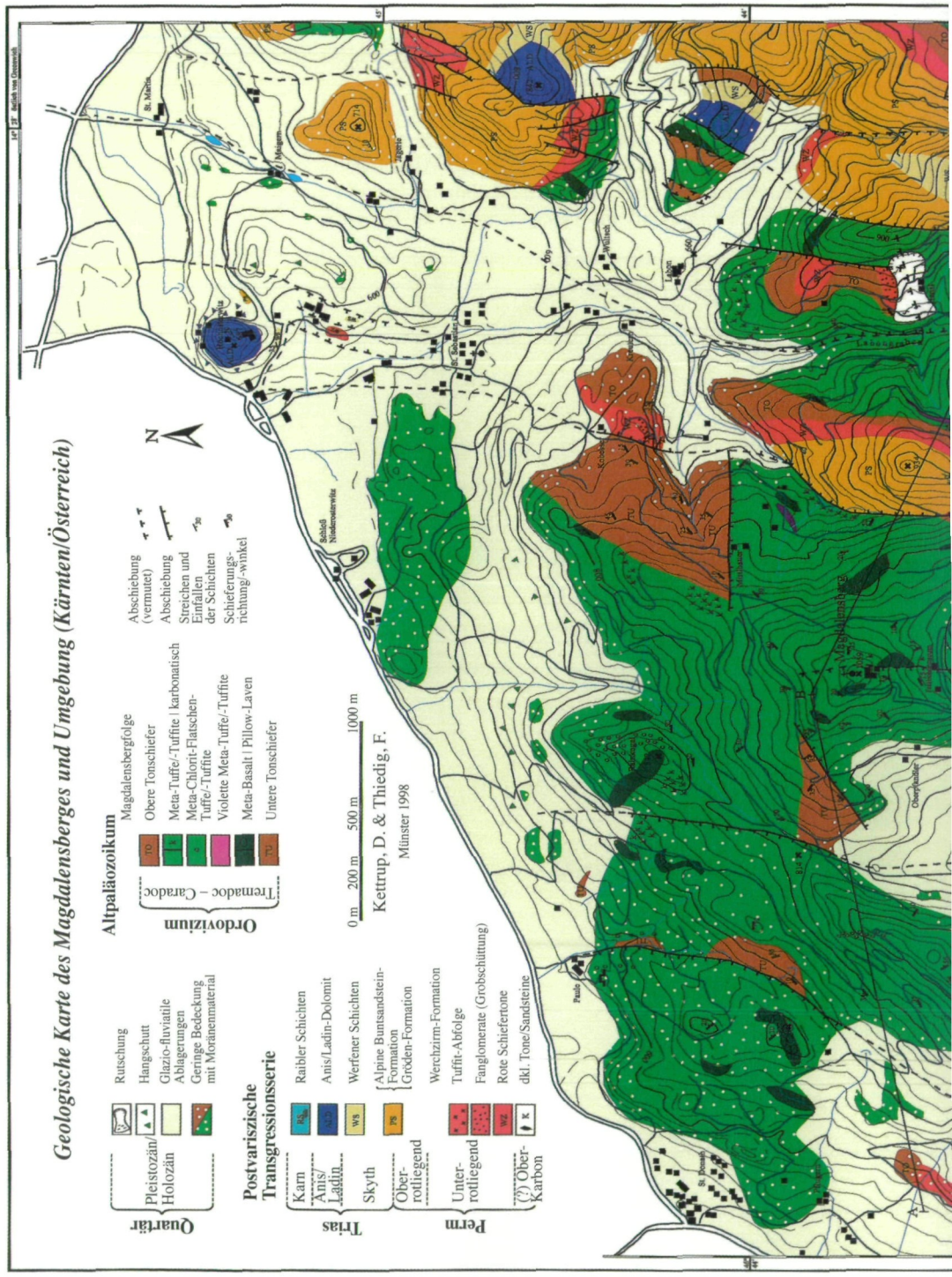
©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

denen Gesteine vom Ordovizium bis zum Unterkarbon eingestuft. Er stützte sich bei seinen Vergleichen aus Mangel an bestimmbaren Fossilien auf seine lithostratigraphischen Kenntnisse von den Karnischen Alpen.

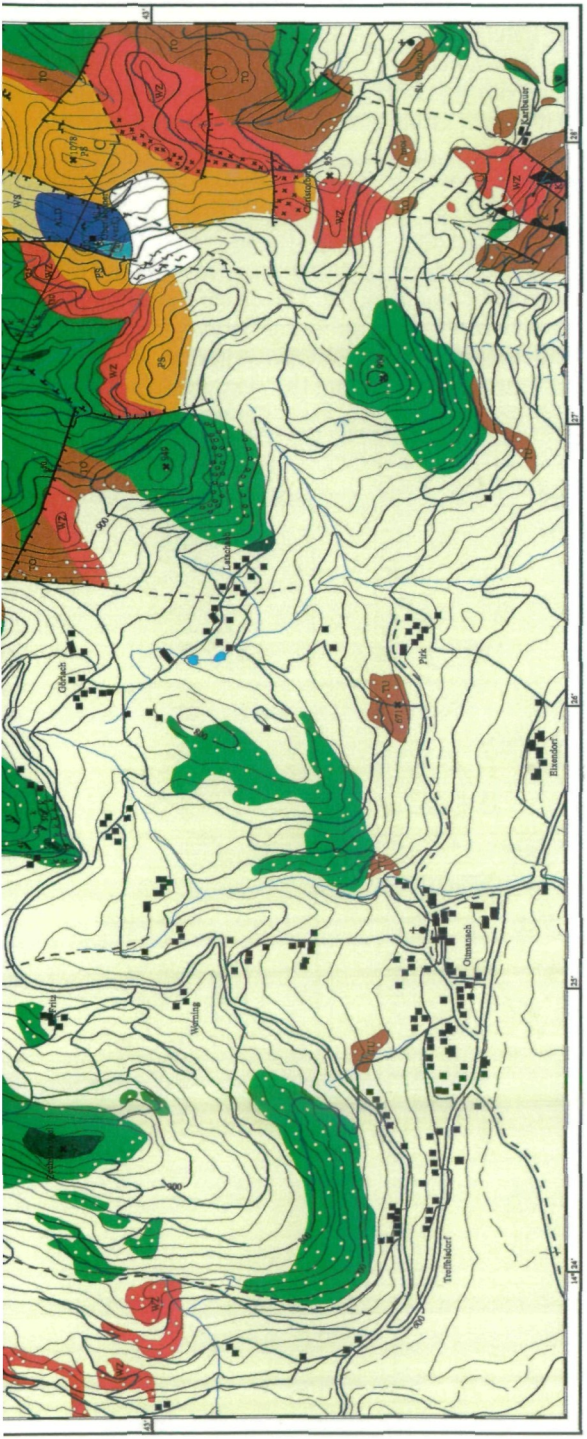
Erst 1971 hat SCHÖNLAUB durch eine intensive Untersuchung mit Conodonten die stratigraphischen Verhältnisse geklärt und eine stratigraphische Neugliederung der Althofener Gruppe vorgenommen, die hauptsächlich Devon umfasst und lückenhaft vom Unterems bis ins Oberdevon reicht. Die im

Abb. 20 a, b, c: Brachiopoden der Familien Orthidae (Gattung *Orthis / Nicolella*) und *Plectorthacea* (Gattung *Paterorthis* HAVLICEK et al. 1987). Rostbrauner Limonit-Überzug, aus karbonatischem Meta-Tuffit in kleinem Steinbruch zwischen vlg. Karlbauer und vlg. Brucknig südlich St. Christof (Originalfundpunkt von SEELMEIER (1938, 1940). Alter: Ober-Ordovizium (ca. 460 Millionen Jahre). Gehören zu den ältesten Makrofossilien in den Alpen. Fotos: Thiedig 2004

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at



©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at


Gödeleis
Wenzing
Pfrit
Treibelsdorf
Ohnsnest
Pfrk
Eisendorf
Kathauer
Hochwurzen
Hochgamsen
Hochgamsen
Hochgams

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Steinbruch aufgeschlossenen Lydite stellen vermutlich das Hangende der kalkigen Abfolge dar und könnten damit eine Zeit vom Oberdevon bis ins Unterkarbon umfassen. Zuletzt hat sich BUCHROITHNER (1979) mit der stratigraphischen Einstufung der Althofener Gruppe beschäftigt. Er nimmt geringe Veränderungen in der Einstufung der Kalke vom Unterems zum Unteren Oberems vor.

Das Kalkvorkommen bei Mölbling (Epritz) ist bei REDLICH (1905) bereits bekannt und als Triasdolomit (Ramsau) eingetragen, was BECK (1931) auf seinem Kartenblatt Hüttenberg-Eberstein übernommen hat. Die ersten Beprobungen auf Conodonten haben CLAR et al. (1963:30) vorgenommen, die Walliser mit einem wahrscheinlichen Alter ins Wenlock-Unterems einstufte. BUCHROITHNER (1979) konnte ein obersilurisches (Přidoli-) bis Oberems-Alter für die Dolomite im

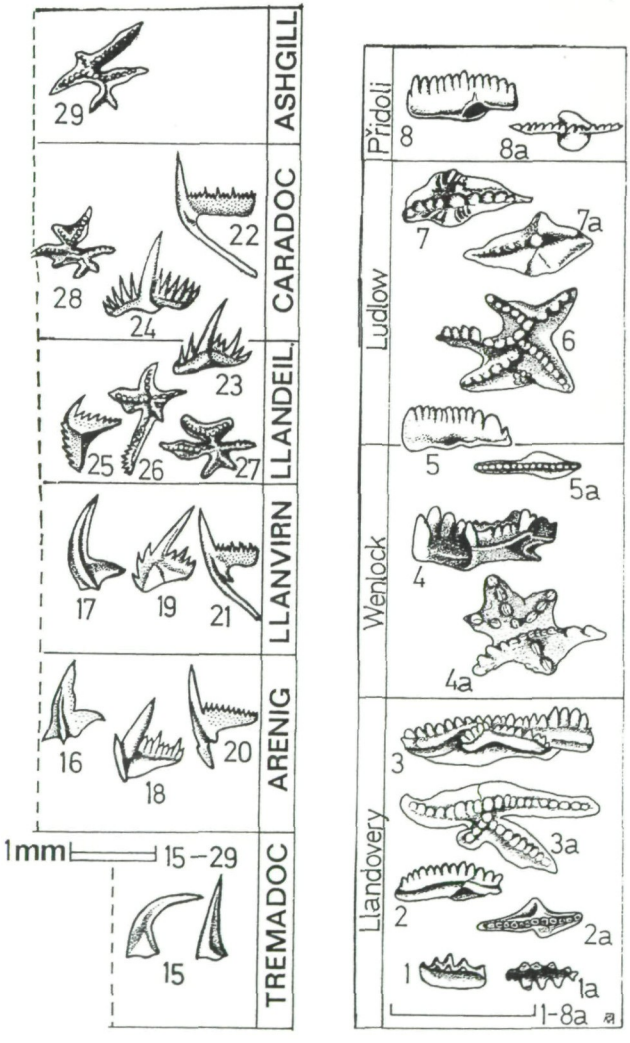


Abb. 22: Beispiele für Conodonten aus dem Ordovizium (links) und Silur (rechts). Größe der Fossilien zwischen 0,2 und 3 mm. Aus: TRÖGER (1984), vgl. Fußnote [4]

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

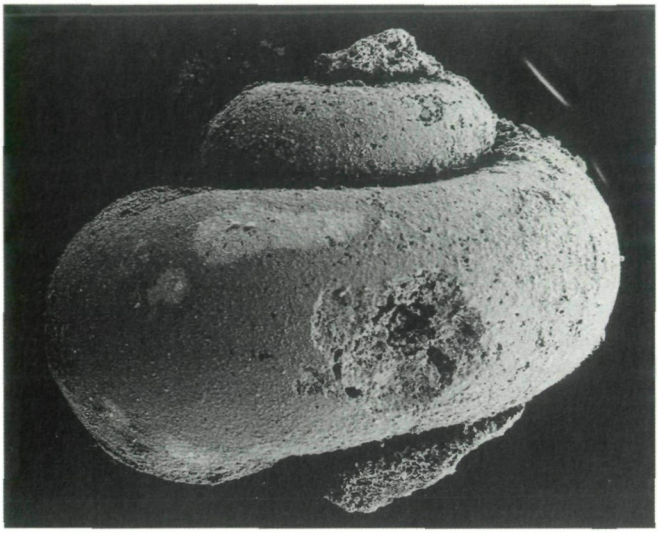


Abb. 23: Rasterelektronenmikrokoskopische Aufnahme eines Gastropoden-Steinkernes aus dem Schwermineral-Rückstand einer aufgelösten Probe (erfolglose Conodontensuche) eines Kalkes am Westhang des Muraunberges südlich St. Veit a. d. Glan. Breite der Schnecke ca. 0,6 mm. Foto: Bauer (1987:126)

Liegenden der Plattenkalke bestimmen, die er in die Althofener Gruppe von Schönlaub (1971) einfügte. Damit wurde das tiefste Alter der Kalke im Profil des Steinbruchs Aich ins untere Oberems gestellt.

Meiselding (Drasenberg)

Bei Drasenberg südlich Meiselding existiert das nordwestlichste Vorkommen der Magdalensberg-Folge im Krappfeldgraben. Haiges (1977) hatte bei Kartierungsarbeiten nahe dem Gehöft vlg. Grünauer eine kleine Linse eines dunklen Conodonten-führenden Kalkes innerhalb von Tonschiefern entdeckt, die von Schönlaub (in Haiges 1977) bestimmt wurden und ein unteres Oberdevon-Alter ergaben. Nördlich des Tonschiefer-Vorkommens von Drasenberg steht ein dunkler plattiger Kieselschiefer (ehemaliger Radiolarit) an, der im Hangenden des oberdevonischen Tonschiefers flach nach Norden einfällt.

Taggenbrunn, Passberg, Rakaunberg

Nordwestlich des Magdalensberg-Blocks (Magdalensberg-Horstscholle, Thiedig 2004) setzt sich ein Gebiet mit Gesteinen der Magdalensberg-Folge nördlich St. Donat zur Ruine Taggenbrunn und in einer benachbarten tektonischen St. Peter-Scholle (Thiedig 2004) des Krappfeldgrabens westlich des Längsees über den Passberg zum Rakaunberg fort (Thiedig 1999).

Bei Untermühlbach tauchen aus der quartären Überdeckung verschiedene grünliche Tuffe und ein Meta-Basalt-Körper auf. Sie sind ohne erkennbare Verbindung zur etwa 2 km nördlich befindlichen Ruine Taggenbrunn (636 m). Der Burgberg erhebt sich ca. 160 m über dem Glantal mit grünlichen Feintuffen und mit der Einlagerung einer ca. 10–15 m

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

mächtigen interessanten rhythmischen Wechselfolge aus Tuffen bis Tuffiten und Karbonatlagen, die sonst nirgends beobachtet wurde. Die dunklen, grünlichen chloritreichen, stark deformierten Staubtufflagen wechseln mit etwa 1 cm dicken dolomitisch-ankeritischen Karbonatlagen (Abb. 47a und 47b). Die rhythmische Abfolge weist auf ein flachmarines Bildungsmilieu hin (BAUER 1987:103).

In der tektonischen St. Peter-Scholle (THIEDIG 2004) bilden die Gesteine der Magdalensberg-Folge den Passberg (723 m) und weiter nördlich den Rakaunberg (713 m). Während am Passberg vor allem die oberen Tonschiefer und ein kleines Vorkommen von Meta-Basalt-Mandelstein anstehen, dominieren am Rakaunberg vor allem violette und grünliche Staubtuffe, in deren Mitte sich ein etwas größerer Meta-Basalt-Körper befindet, der den länglichen NE-SW verlaufenden Rücken des Rakaunberges bildet. Die Scholle lässt an wenigen messbaren Aufschlüssen ein generelles SW-Fallen erkennen.

Muraunberg

Am südöstlichen Stadtrand von St. Veit liegt in der großen Glanschleife der Muraunberg (708 m) mit Gesteinen der Magdalensberg-Folge. Die nach Südwesten einfallenden Schichten bestehen aus einer Wechselfolge von Tonschiefern und meist feinkörnigen grünlichen Staub- und Aschen-Tuffen der Magdalensberg-Folge. Hier fand BAUER (1987:126) in grünen Meta-Tuffen eine linsenförmige Einschaltung eines grauen, feinkristallinen, sehr reinen massigen Kalkes. Die Suche nach Conodonten verlief negativ. Es wurde aber ein winziger 0,6 mm großer Steinkern einer Schnecke (Abb. 23) in dem Schwermineralrückstand entdeckt, die leider für eine stratigraphische Einstufung nicht geeignet war (BAUER 1987:126).

Tanzenberg, Pörtschach am Berg, Karlsberg

Die tektonische Scholle mit den Gesteinen der Magdalensberg-Folge am Muraunberg hat bei Tanzenberg, Schloss Karlsberg und bei Pörtschach am Berg als Sockel der postvariscischen Perm-Trias-Abfolge des Ulrichsberges eine Fortsetzung. Tonschiefer und verschiedene Meta-Tuffe bis Tuffite sind vor allem in der Umgebung von Schloss und Ruine Karlsberg, bei Pörtschach am Berg, am Tanzenberg, in kleinen Vorkommen bei Dellach, Ritzendorf und Blindendorf verbreitet (MITSCH 1967, FROHNERT 1985).

Östliches Klagenfurter Becken, St. Pauler Berge

Im östlichen Klagenfurter Becken sind schwach metamorphisierte Ton-, Silt- und vereinzelt auch Grauwackenschiefer des Altpaläozoikums der Gurktaler Decke weit verbreitet. Nur an wenigen Stellen treten Abkömmlinge vulkanischer Gesteine auf, die Ähnlichkeiten mit den Vulkaniten des

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 24: Rest eines präparierten Brachiopoden (Spiriferide) aus einem feinkörnigen massigen hellen Marmor der Phyllitgruppe in der südlichen Saualpe (im Bereich Bösenort ca. 1 km nördlich Gattersdorf). Der feinkristalline Marmor gehört der tektonischen Einheit der Murauer Decke an und beweist zusammen mit weiteren Krinoidenfunden das paläozoische Alter und den Deckenbau. NEUGEBAUER (1970). Foto: Neugebauer 2005. Vgl. Fußnote [3]

Magdalens- und Chistofberges aufweisen. Pyroklastika vom Typ Magdalensberg sind nur vereinzelt zu beobachten, wie z. B. im Gebiet südlich von St. Paul (östlich von St. Joseph) in der Nähe der variscischen Transgressionsfläche.

In der südöstlichsten Saualpe südlich Schönweg haben KLEINSCHMIDT & WURM (1966:114) in einem stark verunreinigten Kalk, der sich in einem phyllitischen Tonschiefer-Komplex befindet, eine silurische (Unterludlow) Conodontenfauna entdeckt.

Murau-Decke

Von der schwach metamorphen Magdalensberg-Folge wird eine tektonische Einheit unterlagert, die aus Phylliten, Quarziten, schwach Grünschiefer-faziellen metamorphen, feinkristallinen Marmoren sowie meta-basaltischen und meta-keratophyrischen Vulkaniten, meist Pyroklastika, zusammengesetzt ist (Abb. 9). Da in diesen Phyllit-Gruppen vereinzelt Fossilien gefunden wurden, die ein paläozoisches Alter belegen, kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei diesen beiden übereinanderliegenden Abfolgen um eine tektonische Wiederholung, einen Deckenbau, handelt.

Die beiden Einheiten unterscheiden sich vor allem durch einen höheren Metamorphosegrad und eine stärkere tektonische Beanspruchung. Bei den tonschiefrigen Abkömmlingen ist in der Murauer Decke ein Wachstum von Hellglimmern (Serizit) zu beobachten, die einen stärkeren Glanz auf den Schichtflächen erzeugen. Die in den Tonschiefern der Mag-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

dalensberg-Folge häufig zu beobachtenden typischen rötlichen bis violetten Verfärbungen von pyroklastischen Gesteinen fehlen bei den Phylliten. Bei den Grünschiefern sind die Gefüge der ehemaligen pyroklastischen Gesteine im Gegensatz zur Magdalensberg-Folge makroskopisch nicht mehr unterscheidbar, zahlreiche Minerale sind metamorph umgewandelt, z. B. ursprünglich vorhandene Pyroxene sind zu Hornblenden umgebildet, wie vereinzelt Pseudomorphosen erkennen lassen.

Bei den Kalken fand eine Rekristallisation statt, die zu einem Korngrößenwachstum geführt hat. Dabei sind die meisten Fossilien zerstört worden. So überraschten die ersten Funde von Krinoiden und der eines Spiriferiden in den kalkigen Phylliten und Marmoren der Murauer Decke.

Da es sich um wenige aber sehr wichtige Fundpunkte handelt, möchte ich sie an dieser Stelle aufzählen, obwohl diese Gesteine nicht zur Magdalensbergfolge gehören und vermutlich ursprünglich in einem etwas anderen Faziesbereich entstanden sind.

In der südlichen Saualpe gelang KLEINSCHMIDT (1966, 1970), der erste Fund von Krinoiden ca. 2 km nördlich Haimburg in oft plattigen hell- bis dunkelgrauen Marmoren, wenige Jahre später waren bereits über 50 Krinoidenfundpunkte bekannt (KLEINSCHMIDT et al. 1975, NEUGEBAUER 1970, HAIGES 1977). Die Krinoidenfunde erlauben, die Marmore der Murauer Decke in den Zeitraum Silur/Devon einzustufen.

Über einen sensationellen Fund eines Spiriferiden (Abb. 24, vgl. auch Fußnote *[4]) aus den hellen Marmoren der Phyllitgruppe der südlichen Saualpe, etwa 1,2 km nördlich Gattersdorf, berichtete NEUGEBAUER (1970)*[5]. Als mögliches Alter wird Silur, als wahrscheinliches Alter Devon angegeben.

Bei der Kartierung des Gebietes nordöstlich St. Veit a. d. Glan fand HAIGES (1977) westlich von Breitenstein ebenfalls mehrere kleine Vorkommen von Krinoiden-Stielgliedern in einem grauen, plattigen feinkristallinen Marmor der Phyllitgruppe, die mit den Krinoiden-Marmoren der südlichen Saualpe korrelierbar sind und vermutlich ins Devon einzustufen sind, Abb. 25 a–c, (HAIGES 1977).

Bei einem benachbarten dolomitischen Marmorvorkommen am Galgenkogel (ca. 3 km NE St. Veit. a. d. Glan), bei dem wir ein paläozoisches Alter vermuteten, blieb die Suche nach Conodonten erfolglos.

Petrographische Dünnschliffuntersuchungen an Gesteinen der Magdalensberg-Folge

Von den zahlreichen Diplomarbeiten und Dissertationen aus dem Kärntner Raum liegt eine große Zahl von Dünnschliffen vor, von denen bisher keine veröffentlicht wurden. Hier möchte ich vor allem Fotos aus Diplomarbeiten

*[5] Der während eines Kartierkurses von Studenten gefundene Lesestein mit dem Fossilrest wird in der Sammlung des Geol.-Paläont. Inst. der Univ. Tübingen unter der Inventar-Nr. 1389 aufbewahrt.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 25 a,b,c: Krinoiden in einem plattigen, feinkörnigen dunklen Marmor der Phyllit-Gruppe (Murauer Decken-Einheit), die tektonisch unter der Magdalensberg-Folge liegt und im Krappfeld-Graben schollenartig versenkt ist. Aufschlüsse am Osthang des Krieblbergs, ca. 500 m nördlich Steinbrücken (an der Wimitz, B 83 zwischen St. Veit a .d. Glan und Althofen).

Abb. 25a: Querschnitt durch ein Stielglied, ein mylonitischer Saum umgibt das Stielstück, das etwa 1 cm dick ist.

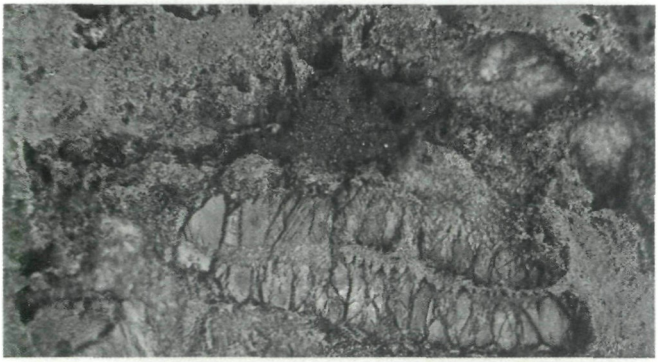


Abb. 25b: Krinoidenrest mit gezacktem Zentralkanal, ca. 2 cm lang. Die Funde beweisen das altpaläozoische Alter (vermutlich Devon) der Phyllite und damit den Deckenbau des Ostalpins. Makro-Fotos: Haiges (1977)

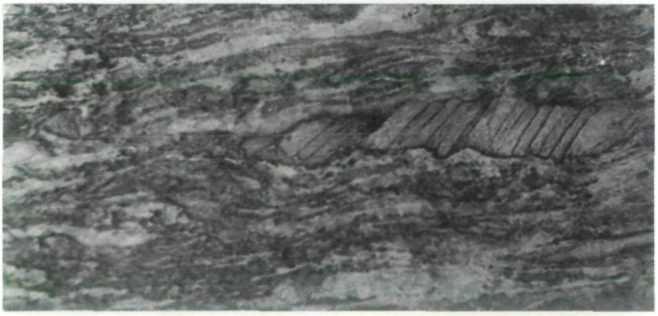


Abb. 25c: Länge des geldrollenartigen zerscherten Stielstückes etwa 3 cm.

von Olaf Bauer (1987) vom Muraunberg, Taggenbrunn, Passberg und Rakaunberg, Holger Hansen (1989) südwestlich Brückl, sowie von Patricia Göbel (1995), Mareike Weinert (1996) und Manuela Wiese (1995) vom Magdalensberg und Zechnerkogel von den wichtigsten kartierbaren Gesteinstypen der Magdalensberg-Folge vorstellen. Sehr schöne Anschnitte existieren auch an einer Vielzahl von Bausteinen im Mauerwerk der römischen Ausgrabungen im Archäologischen Park am Magdalensberg (Thiedig & Wappis 2003).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

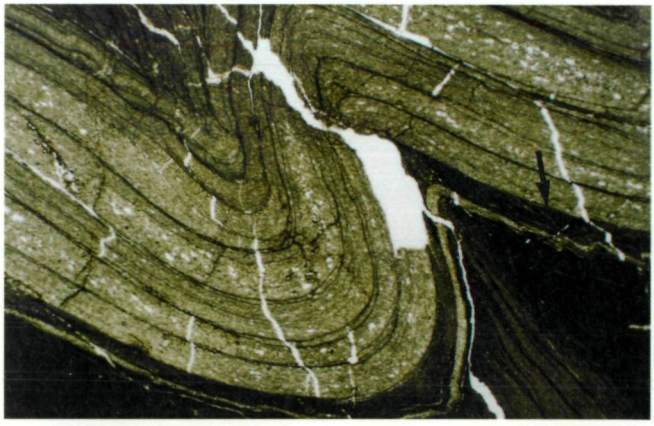


Abb. 26: Magdalensberg-Folge: Gefaltete Feinschichtung in phyllitischem Silt-Tonschiefer. Erste Schieferung parallel zur Schichtung (Lagenbau), zweite Schieferung in der konzentrischen Falte nur in den inkompetenten, schichtsilikatreichen Glimmer-Lagen ausgebildet, nicht in den kompetenten Siltlagen (mit Quarzen, helle Punkte). Dehnungsrisse mit Quarz gefüllt (weiße Risse). Sekundärfalten rechts (Pfeil). Nordhang des Rakaunberges (westlich Längsee). Dünnschliff, parallele Nicols, Bildbreite 12 mm. Foto: Bauer (1987:123)

Abb. 27: Phyllitischer Tonschiefer der Magdalensberg-Folge. Gradierte Silt-Ton-Lagen dokumentieren eine rhythmische Sedimentation. Westhang des Rakaunberges westlich des Längsees. Dünnschliff, parallele Nocols. Dicke der gefalteten Lagen etwa 2 mm, Bildbreite ca. 12 mm. Foto: Bauer (1987:123)

Abb. 28: Isoklinal verfältelte Siltlagen in violettem feinkörnigem Meta-Tuffit (dunkle Lagen). Violette Lagen stark mit opakem Material (Erz) angereichert. Zweite Schieferung (S_2) mit Zerscherung von links oben nach rechts unten. Nordhang des Passberges (westlich Längsee). Dünnschliff, parallele Nicols. Bildbreite 7 mm. Foto: Bauer (1987:105)

Phyllitische Tonschiefer

Die phyllitischen Tonschiefer sind überwiegend hellgraue, manchmal etwas bräunlich verwitternde, selten schwach grünliche Gesteine. Sie sind engständig geschiefert und meist intensiv verfaltet, Abb. 26, 28, 29 (Bauer 1987:123 u. 105). Sie bestehen durchschnittlich aus 60–70% Serizit (feiner Hellglimmer), 3–5 % Chlorit und 30–40 % Quarz. Auf der

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

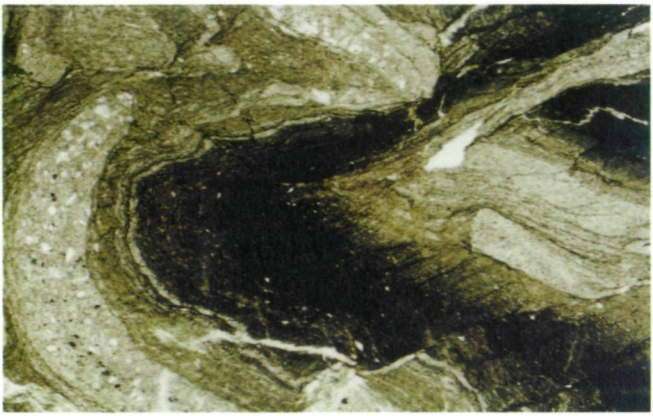


Abb. 29: Gefalteter grüner-violetter feinkörniger Meta-Tuffit. Faltenschenkel z. T. abgerissen. Helle kompetente Lage grobkörnige Silt-sandig mit kleinen schwarzen Turmalinen, dunkle opake Lage Hämatit-reich, bildet Schieferung ab. Grünliche Matrix besteht aus Quarz, Karbonat und Chlorit. Westhang des Passberges. Bildbreite ca. 7 mm. Foto: Bauer (1987:106)

schiefrigen Oberfläche zeigen sie meist einen schwachen, matten Glanz. Häufig ist bereits makroskopisch, noch besser im Dünnschliff, ein sedimentärer Lagenbau aus Silt- bis Sandlagen erkennbar, die vereinzelt auch gradierte Schichtung zeigen Abb. 27 (Bauer 1987:123). Phyllitische Tonschiefer verwittern rasch (Abb.16), deshalb sind auch kaum Aufschlüsse vorhanden, sie sind meist morphologisch ausgeräumt und bilden keine Geländerippen.

Grüne Meta-Staub- und Aschentuffe

Diese grünlichen, extrem feinkörnigen Gesteine haben oft einen Karbonatgehalt. Sie wirken massig und bilden häufiger Härtlinge oder Felsvorsprünge. Das im Aufschluss homogen wirkende Gestein zeigt unter dem Mikroskop eine feine Lamination, die häufig flaserig auskeilt. Die grünen Staub- und Aschentuffe besitzen gemischte Korngrößen zwischen >0,06 mm bis 2 mm, häufig sind kleine deformierte Lapilli sichtbar (Abb. 32, 33, 34). Der Anteil an Chlorit beträgt etwa 45 %, an Kalzit 10 %, Quarz 9 %, Feldspat etwa 10 bis 25 % und Opakmaterial 20 %. In den Chlorit-Bereichen sind einzelne sehr kleine Epidote und Aktinolithe zu finden.

Abb. 30: Violetter Staubtuff mit ankeritisch verheilten Klüften. Block im Gesteinslager des Steinbruchs Paule (Nordfuß des Magdalensbergs, 1,5 km NE St. Donat). Bildbreite ca. 40 cm. Foto: Thiedig 2004

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 31: Violetter Meta-Staubtuff mit einzelnem hellem Lapilli und grünen Meta-Staubtuff-Lagen, teilweise auskeilend. Bildbreite ca. 6 mm. Etwa 1 km nördlich des Magdalensberg-Gipfels (NW Rammkogel). Primäres Gefüge mit schwacher S_1-Schieferung. Dünnschliff, parallele Nicols, Bildbreite ca. 6 mm. Foto: Wiese (1995:20)

Abb. 32: Grüne Lapilli aus Meta-Staub-Aschentuffen in violetter Aschentuff-Matrix. Lapilli sind ausgelängt, zerschert, an den Enden zerrissen. Paule-Steinbruch am Nordfuß des Magdalensbergs. Bildbreite ca. 20 cm. Foto: Wiese (1995:26)

Abb. 33: Gefalteter grün-violett (-bräunlich) gebänderter Meta-Tuffit mit chloritreichen Schichten. Violette feingeschichtete Lagen (hier bräunlich), mit hohem Opakgehalt (Erze). Im unteren Bildbereich abgescherter Faltenschenkel, ca. 2 cm nach rechts verschoben. Westhang des Passberges (Lesestein). Bildbreite ca. 40 cm. Foto: Bauer (1987:106)

Ein Teil des Serizits und des Kalziums (im Kalzit) stammt aus der Zersetzung der Feldspäte (überwiegend Plagioklase). Das sehr feine Opakmaterial besteht aus Hämatit, Magnetit, Ilmenit-Skelett-Kristallen und aus Ilmenit umgewandelten Leukoxen (Titanit) (Abb. 34, 46) (Bauer 1987:99–101).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 34: Gefalteter grüner Meta-Aschentuff, z. T. mit geplätteten, gelängten Lapilli-Komponenten. Aufgelassener kleiner Steinbruch am Ostabhang des Muraunberges. (Gesägtes Handstück). Bildbreite ca. 30 cm. Foto: Bauer (1987:99)

Tuffit-Karbonat-Wechselfolge

In der Straßenböschung am NE Hang der Ruine Taggenbrunn ist ein etwa 20 m bis 30 m mächtiges sehr auffälliges Gestein innerhalb der Meta-, Staub- und Aschentuffe aufgeschlossen, das mit seinem auffälligen Farbwechsel sonst bisher nirgends in der Magdalensberg-Folge beobachtet wurde. Makroskopisch wechseln im 1 cm Bereich rhythmisch dünne helle, gelblich-bräunliche mit grünlichen sehr feinkörnigen Lagen, sie wurden von Bauer (1987) als Tuffit-Karbonat-Wechselfolge bezeichnet. Unter dem Mikroskop entpuppt sich diese Wechselfolge als eine besonders stark deformierte sedimentäre Feinschichtung, die isoklinal verfaltet, gedehnt und boudinartig zerrissen ist. Die 3–5 mm dünnen grünen Bereiche sind häufig ausgeschwänzt und keilen in den tuffitischen Lagen aus. Die hellen karbonatischen, dolomitisch-ankeritischen Lagen sind scharf begrenzt, verwittern aber relativ schnell porös in ockerbraunen Farben und zerfallen zu pulverigem Limonit. Unter dem Mikroskop fällt der Reichtum an lagenweise angereicherter opaker Substanz mit Ilmenitkristallen und Eisenhydroxiden bei den grünen Lagen auf, die

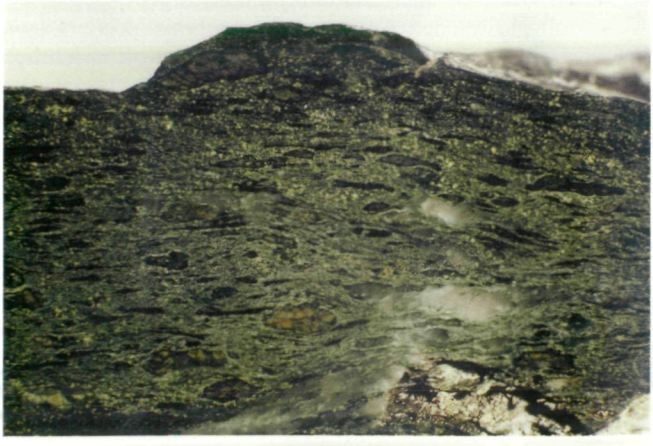


Abb. 35: Meta-Chlorit-Flatschen-Tuff mit ausgelängten Lapilli, vereinzelt gelblich-bräunlich angewitterten Pyroxenen. Südöstlich Rammkogel, Nordabhang des Magdalensberges. Bildbreite des Anschliffs ca. 45 mm. Foto: Wiese (1995:24)

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

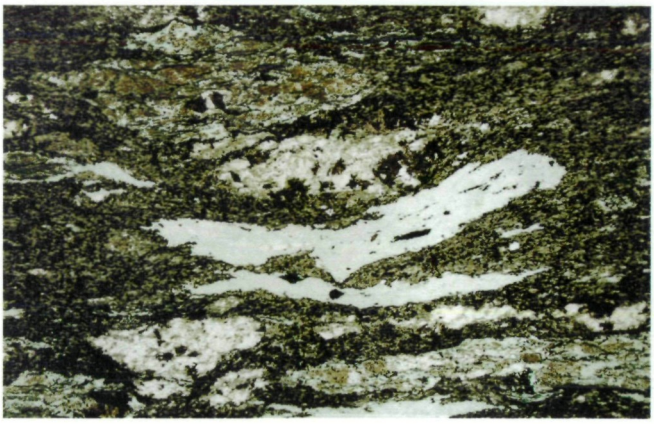


Abb. 36: Meta-Chlorit-Flatschen-Tuff. Grüne Chloritflatschen vermutlich aus Glasfetzen umgewandet. Oben links ca. 3,5 mm langer bräunlicher rhombischer Kristall, jetzt gefüllt mit Calcit, Chlorit und Leukoxen pseudomorph nach Pyroxen. Grundmasse besteht aus Calcit, Chlorit, Leukoxen, Erz (z. T. Ilmenit), Feldspat, Quarz. Südöstlich Rammkogel, Nordabhang des Magdalensberges. Dünnschliff, Nicols parallel, Bildbreite ca. 6 mm. Foto: Wiese (1995:23)

Abb. 37: Meta-Lapilli-Tuff mit einzelnen Tuffbrocken in einem calcitreichen Meta-Staub- und Aschentuff. Grüne durch tektonische Deformation flatschenartig deformierte Lapilli bestehen vornehmlich aus Chlorit und Calcit. Paule Steinbruch am Nordfuß des Magdalensberges, Härtling in der Mitte des Steinbruchs. Bildbreite ca. 16 cm. Foto: Wiese (1995:46)

aus einem dichten flaserigen Chloritfilz bestehen, in die vereinzelt Quarze, Feldspäte und Karbonat eingelagert sind. Das den Meta-Staub- und Aschentuffen sehr ähnliche Gestein besteht durchschnittlich aus 45–50 % Chlorit, 15–20 % Karbonat, 5–10 % Limonit, 10–15 % Opakmaterial, 0–7 % Serizit, 0–12 % Feldspat und 2–5 %Quarz. Die chloritreichen Lagen stammen von basischen Staubtuffablagerungen, möglicherweise mit glasreichen Anteilen. Die karbonatischen Lagen sprechen für ein flachmarines Milieu, das aber offensichtlich nur ein beschränktes kleinräumiges Gebiet bedeckt hat. Die Deformation dieser Gesteine lässt eine primäre sedimentäre Ablagerung und eine Faltenbildung erkennen, die zu extrem geplätteten und zerrissenen Gefüge geführt hat (Abb. 47a). Die Deformation dieser Gesteine hat Bauer (1987:103) in einer schematischen Skizze verdeutlicht (Abb. 47b).

Violette feinkörnige Meta-Tuffe und -Tuffite

Die Vorkommen von meist nur sehr gering mächtigen und sehr gut geschieferten, violetten Staubtuffen und -Tuffiten sind am Magdalensberg und in den nördlich gelegenen Gebieten am Muraun-, Pass- und Rakaunberg oder den anderen Vorkommen der Magdalensberg-Folge viel geringer

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 38: Hämatitreiche rotviolette Brekzie in grünlichem Meta-Lapilli-Brocken-Tuff. Mauerstein im Archäologischen Park am Magdalensberg. Breite des Steines ca. 20 cm. Foto: Thiedig 1997

Abb. 39: Meta-Lapilli-Tuff. Helle Bereiche sind homogene Lapilli oder ehemals mit Chlorit gefüllte Blasenhohlräume. Osthang des Passberges. Handstück ca. 15 cm breit. Foto: Bauer (1987:108)

Abb. 40: Grünlich -violetter Brocken- bis Lapilli-Tuff. Mauerstein im Archäologischen Park, Hanghäuser westlich des Repräsentationshauses. Die vulkanischen festeren Brocken wittern aus der feinkörnigen Matrix sichtbar heraus. Breite des Bildes ca. 30 cm. Foto: Thiedig 1997

als die grünen Meta-Tuffe verbreitet. Sie fallen aber durch ihre Farbe und relative Härte auch bei kleinstückigem Zerfall deutlich auf und lassen sich daher gut kartieren (Abb. 30, 31 und 40 bis 43) (Wiese 1995:20).

Unter dem Mikroskop erscheinen die außergewöhnlich feinkörnigen violetten Meta-Tuffe und -Tuffite durch den sehr hohen Gehalt an mikrokristallinem Opakgehalt, der überwie-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 41: Violetter grober Brockentuff in grünem Fein- bis Lapillituff. Mauerstein im Archäologischen Park, Wohn- und Werkstättenbereich, östlicher Teil. Bildbreite ca. 20 cm. Foto: Thiedig 1997

gend aus Hämatit (bis zu 45 %) besteht, sehr dunkel. Die Matrix ist so dicht und filzig verwachsen, dass die einzelnen Minerale nicht identifizierbar sind. Vereinzelt sind grünliche Fetzen oder Tufflagen eingeschaltet, die meist etwas grobkörniger sind und hauptsächlich aus Chlorit, Serizit (ca. 40%), Quarz und nur etwa 5 % opaker Substanz bestehen (Bauer 1987).

Meta-Lapilli- und Brocken-Tuffe

Durch ihre deutliche Struktur mit pyroklastischen Komponenten einer Korngröße zwischen 2 mm und 64 mm sind die Meta-Lapilli-Tuffe leicht von den übrigen Gesteinen der Magdalensberg-Folge zu unterscheiden. Die Mehrzahl der Komponenten ist aber selten über 3 cm groß. Die Meta-Lapilli-Tuffe sind mit Feintuffen, Tuffiten und phyllitischen Tonschiefern vergesellschaftet. Die Lapilli sind farblich sehr verschieden farbig entsprechend ihrer Zusammensetzung gestaltet und sind häufig heller als die dunkele grünliche Matrix. Häufiger sind rundliche oder oval deformierte Lapilli, neben denen auch eckige Formen vorkommen, die beweisen, dass Teile der Tuffablagerungen bei der Ablagerung bereits erkaltet und nicht oder nur wenig Umlagerung und Deforma-

Abb. 42: Bunte Meta-Tuff-Brekzie mit größeren gerundeten Komponenten (vermutlich Strandgerölle). Bildbreite ca. 25 cm. Mauerstein im Archäologischen Park am Magdalensberg, Bereich Praetorium. Foto: Thiedig 1983

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

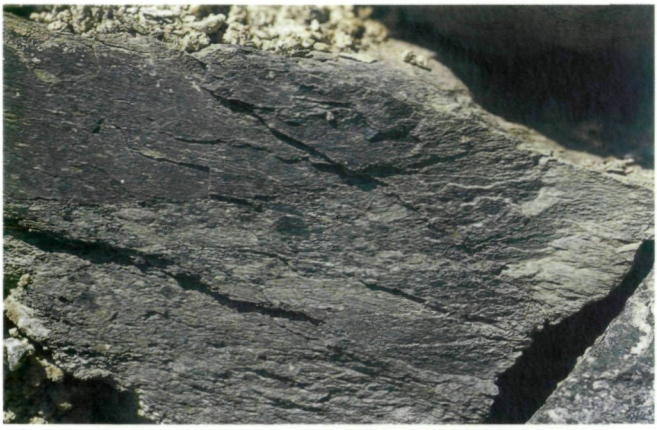


Abb. 43: Rotviolette verdrückte Meta-Aschentuff-Flatschen in grünlichem Meta-Tuff der Magdalensberg-Folge. Mauerstein im Archäologischen Park am Magdalensberg. Bildbreite ca. 30 cm. Foto: Thiedig 1997

Abb. 44: Meta-Lapilli-Tuff mit einzelnen vulkanischen Bomben (>64 mm) und geplätteten Lapilli (< 64 mm) in einer violetten stark mit Hämatit durchstäubten Matrix. Handstück etwa 24 cm breit. Vulkanische Bomben und Lapilli vermutlich aus glasiger Grundmasse gebildet. Die Gasblasen-Hohlräume sind stark deformiert (gelängt). Südlich Goggerwenig, 350 m WSW von vlg. Strolz. Foto: Bauer (1987:113)

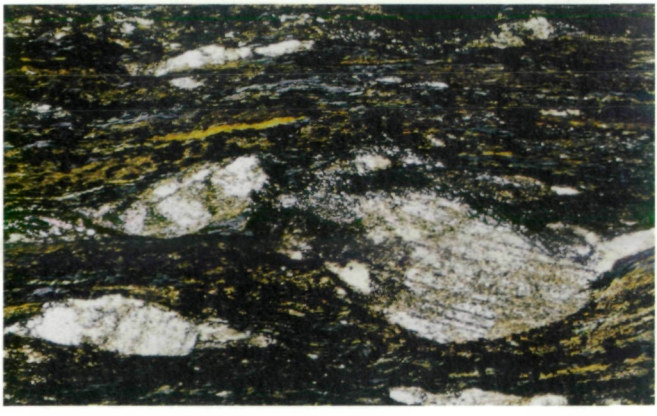


Abb. 45: Stark zersetzte Plagioklas-Auswürflinge in ehemals glasiger Grundmasse. Der Feldspat ist in Serizit und Calcit umgewandelt. Hoher Opakgehalt. NW-Hang von Taggenbrunn. Dünnschliff, Bildbreite 35 mm. Foto: Bauer (1987:100)

tion erfahren haben. Dagegen sind andere gelängte flatschenförmige Körper vermutlich in zähflüssigem (viskosem), noch nicht völlig erkaltetem Zustand gefördert und bei der Ablagerung platt gedrückt worden (Abb. 35 bis 40, 44) (Bauer 1987:108 und 113, Wiese 1995:23–24, 46).

Erhaltene primäre Gefüge deuten darauf hin, dass die Lapilli-Tuffe nur geringe Deformation erlitten haben, sie sind

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

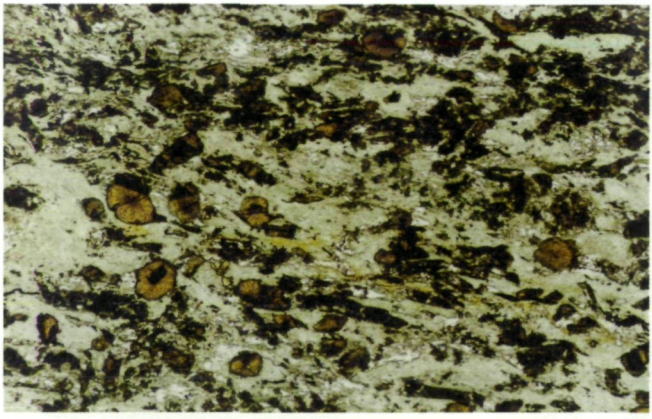


Abb. 46: Gelblich-bräunliche kugelige Leukoxen-Aggregate (Titanoxide) in chloritischer Grundmasse eines Meta-Aschentuffs. Dünnschliff, Bildbreite 1,5 m, parallele Nicols. Osthang des Muraunberges. Foto: Bauer (1987:102)

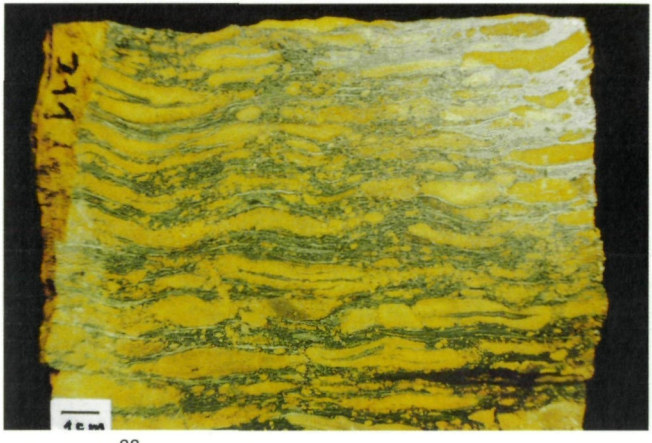


Abb. 47a: Isoklinal verfaltete Meta-Tuffit-Karbonat-Wechselfolge. Gelbbraune Lagen ankeritisch-dolomitische Karbonatlagen. Extreme Plättung, Zerscherung zu linsigen Körpern in einer chloritischen Staubtuff-Grundmasse. Auffahrt zur Ruine Taggenbrunn. Handstück 14 cm breit. Foto: Bauer (1987:103)

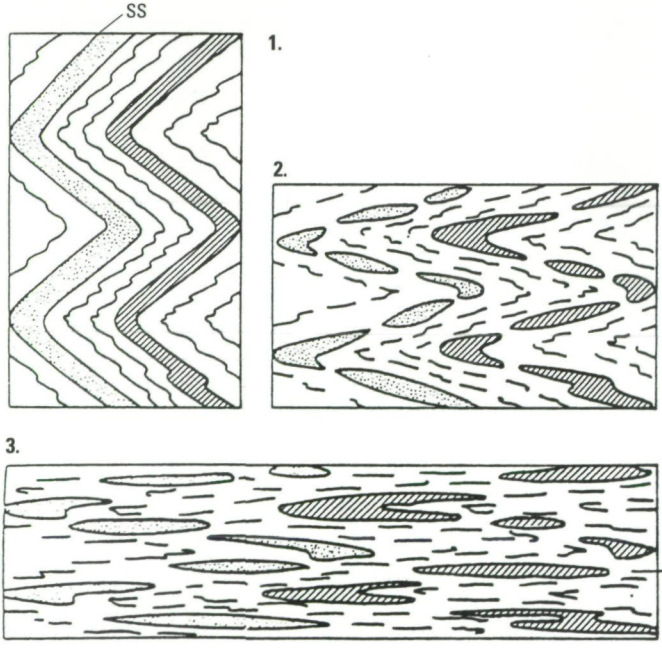


Abb. 47b: Schematische Skizze zur Deformation der Tuffit-Karbonat-Wechselfolge.
1. Die primäre sedimentäre Wechselfolge aus basischen Staubtuffen (hell) und Karbonatlagen (dunkel) werden im Zuge der ersten Deformation verfaltet.
2. Bei anhaltender Deformation werden die Faltenschenkel stärker gedehnt und reißen von den Faltenscheiteln ab.
3. Faltenscheitel und -schenkel werden im weiteren Verlauf der Deformation extrem geplättet und „schwimmen" vollständig isoliert in der inkompetenteren chloritischen Grundmasse, die deutlich nach der der ersten Schieferung ausgerichtet ist. Text und Foto nach Bauer (1987:103)

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

kompetenter, härter und zeigen daher viel seltener Anzeichen von Schieferung. Im Durchschnitt bestehen die Meta-Lapilli-Tuffe aus 30 % Chlorit, 22 % Feldspat, 15 % Karbonat, 4 % Quarz, 3 % Serizit und 18 % Opakmaterial, Epidot und Serpentinminerale treten akzessorisch auf. Hellere Lapilli enthalten höhere Anteile an Feldspäten und Karbonat. Primär vermutlich als Glas abgelagerten Partikel enthalten zahlreiche Blasen (Abb. 56 und 58), die mit Chlorit-, Serpentin- und Aktinolith-Mineralen (BAUER 1987:100, 113) gefüllt sind. Manchmal sind die kugelrunden Hohlräume durch schmale Stege umkristallisierten Glases getrennt, die die geringe tektonische Deformation erkennen lassen (BAUER 1987).

Nur vereinzelt treten in den Tuffen auch gerundete Lappilli auf, die über 6,4 cm Durchmesser erreichen und dann als Bomben bezeichnet werden. Sie sind meist ellipsoidisch oder spindelförmig ausgebildet und lassen damit den noch plastischen, viskosen Zustand als vulkanische Auswürflinge erkennen. Manchen von diesen Bomben fehlt aber eine erkennbare Glasrinde, sie könnten ihre Rundung auch als subaerische Bombe auf der Flanke eines über die Wasseroberfläche „gewachsenen" Vulkans in der Brandung (Strandgeröll) erhalten haben, wie dies RIEHL-HERWIRSCH (1970) vom Landschadenkogel beschreibt.

Meta-Basalte (Meta-Diabase)

In der Nomenklatur der magmatischen Gesteine (z. B. Streckeisen-Diagramm in WIMMENAUER 1985:50) wird der Name Diabas nicht verwendet. Er wird in der Literatur innerhalb der Gabbro-Familie für ein subvulkanisches basaltisches Ganggestein angeführt, der mehr die Art des Auftretens in paläozoischen Gesteinen als strukturell geochemische Eigenschaften kennzeichnet (WIMMENAUER 1985:107).

Analysen von Proben aus dem Gebiet zwischen Brückl und St. Christof östlich des Magdalensberges, die von LOESCHKE (1989) untersucht wurden, fallen in das Feld der Alkali-Basalte, z. T. dicht an der Grenze zu den tholeiitischen

Abb. 48: Gasblasenreicher Meta-Basalt der Magdalensberg-Folge. Vermutlich Stück eines Pillows (Kissenlava). Mauerstein im Archäologischen Park am Magdalensberg. Bildbreite ca. 30 cm. Foto: Thiedig 1997

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 49: Meta-Pyroxen-Basalt mit löchrig heraus witternden Pyroxen-Kristallen. Mauerstein im Archäologischen Park, Wohn- und Werkstättenviertel, Bereich Doppeltor. Breite ca. 25 cm. Foto: Thiedig 1997

Abb. 50: Vulkanische Bomben führender Meta-Lapilli-Tuff, Rundung erfolgte vermutlich als *Strandgeröll. Nordabhang des* Muraunberges, Handstück 12 cm breit. Foto: Bauer (1987:113)

Basalten. Möglicherweise liegen auch intermediäre Differentiate der Alkali-Basalte (Hawaiite) vor. Der Chemismus der Vulkanite der Magdalensberg-Folge ist vergleichbar mit der durchschnittlichen Zusammensetzung von Alkalibasalten und Hawaiiten der Kanarischen Inseln (Loeschke 1989).

Die in der Magdalensberg-Folge auftretenden Meta-Basalte sind meist dunkelgrüne massige Gesteine, die Härtlinge bilden. Im Gesteinsbruch erscheinen sie feinkörnig bis dicht, Feldspäte sind makroskopisch nicht erkennbar. Unter dem Mikroskop erkennt man in einer Grundmasse aus feinkörnigem Chlorit (27 %) 0,1 bis 0,6 mm lange lamellar verzwillingte Plagioklase (47 %) mit bis 4,5 mm großen Einzel-Plagioklasen (Albite bis Oligoalbite) und selten bis 2 mm große Kalifeldspäte. Winzige, bis 1 mm große dunkle Chloritflecken sind unter dem Mikroskop als Pseudomorphosen nach Amphibol oder Pyroxen identifizierbar (Abb. 48, 49, 51, 57) (Hansen 1989:19, 20).

Einzelne Albite zeigen Umrisse von Sanidin oder sind Schachbrettalbite mit deutlicher Felderung (Abb. 52) (Bauer 1987:116). Die karbonatischen Zersetzungsprodukte weisen

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

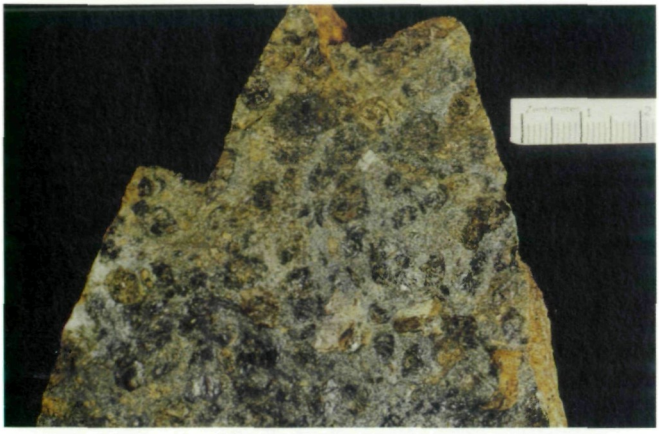


Abb. 51: Pyroxen-reicher Meta-Basalt. Pyroxene sind in einem glomerophyrischen Gefüge ungeregelt. Fundort ca. 700 m SWS von Selesen. Anschliff, Bildbreite ca. 12 cm. Foto: Hansen (1989:19)

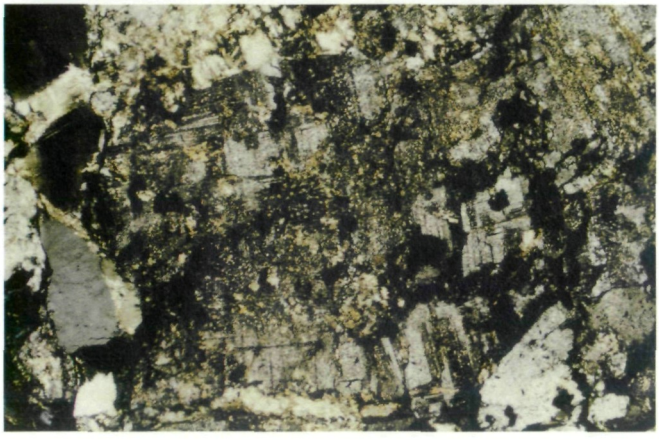


Abb. 52: Schachbrett-Albit (albitisierter, z. T. serizitisierter Kalifeldspat) als Einsprengling in einem *Meta-Basalt. Nordwesthang* des Passberges. Dünnschliff, gekreuzte Nicols, Bildbreite 3 mm. Foto: Bauer (1987:116)

auf einen ehemals höheren Anorthitgehalt der Feldspäte hin (Spilitisierung). Vereinzelt treten mit Chlorit gefüllte mandelförmige Flecken auf, die als tektonisch deformierte ehemalige Gashohlräume gedeutet werden (Abb. 53) (Bauer 1987:116).

Unregelmäßig in der Matrix verteilt sind Ilmenomagnetite (5–15 %), die z. T. in Ilmenitskelette und Leukoxen umgewandelt sind. In einem Meta-Basalt-Vorkommen am Passberg treten langgestreckte Skelettkristalle auf, die hexagonale Umrisse zeigen. Bei den etwa 2 mm großen Kristallen werden Pseudemorphosen von Ilmenit nach Skelett-Olivin vermutet, wie sie Donaldson (1976) beschrieben hat (Abb. 63–66) (Bauer 1987:119). Aus den Kristallformen lässt sich eine Abkühlungs-Geschwindigkeit ableiten, die geringer als 40 ° C pro Stunde war. Diese relativ rasche Abkühlung belegt die geologischen Befunde einer nahe der Erd- oder Wasseroberfläche ausgetretenen Lava. Auf den relativ geringen Überlagerungsdruck weisen auch kleine mit Chlorit gefüllte Blasen hin, die gelegentlich auftreten.

Das als Meta-Diabasmandelstein beschriebene Gestein kommt relativ selten vor, wurde aber von den meisten Be-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

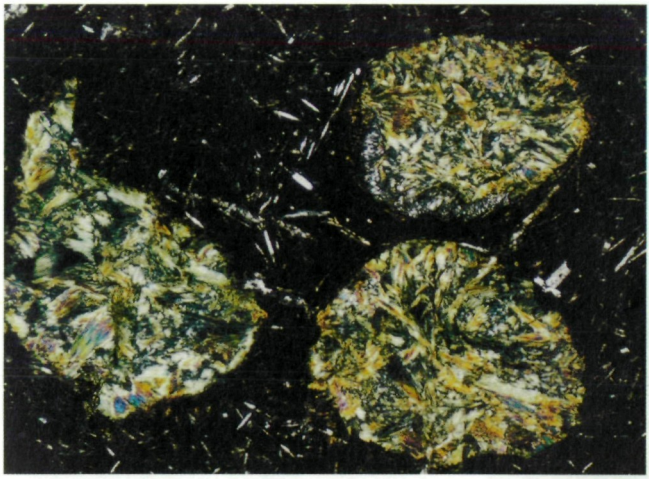


Abb. 53: Helle kleine Feldspatleisten in dichter opaker Grundmasse. Runde Blasen-Hohlräume mit fibroblastischem Aktinolith gefüllt, z. T. innere Auskleidung mit dünnen Quarzsaum belegt. ENE Siebenaich, am Westhang des Passbergs. Dünnschliff, gekreuzte Nicols, Bildbreite 3 mm. Foto: Bauer (1987:112)

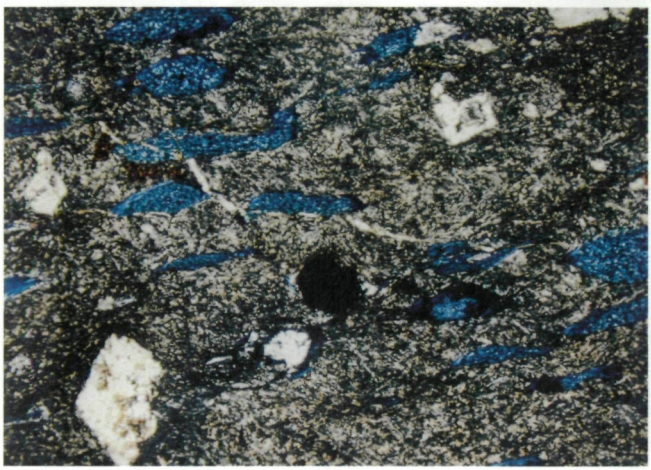


Abb. 54: Orthochlorit (Magnesiumreiche Chlorite, hier mit anomalen blauen Interferenzfarben) als Füllung von Blasenhohlräumen gedeutet, möglicherweise auch Pseudomorphosen nach Amphibol. Steinbruch Paule, Nordfuß des Magdalensberges. Dünnschliff, gekreuzte Nicols, Bildbreite ca. 6 mm. Foto: Wiese (1995:32)

arbeitern aus kleinen Aufschlüssen beschrieben: Riehl-Herwirsch (1970), Bauer (1987:121), Weinert (1996), Amberge Abb. 58 (1997:27), Abb. 56 (Wiese 1995:31).

Der Meta-„Diabasmandelstein" ist massig ausgebildet, eine Schieferung ist in diesem sehr kompetenten Gestein makroskopisch nicht erkennbar. Die 2–3 mm großen hellen mandelförmigen oder runden Gasblasen-Hohlräume sind mit Kalzit, seltener mit Quarz oder Chlorit, gefüllt. Bei verwitterten Partien ist der Kalzit herausgelöst (Abb. 48 und 49) und die ehemaligen Gasblasen erscheinen erneut als Hohlräume (Bauer 1987:121). Unter dem Mikroskop sind in einigen Blasenhohlräumen Säume von Calcedon erkennbar (Abb. 53) (Bauer 1987:112). Die Karbonate sind in kleinen Blasenhohlräumen manchmal Einkristalle, meist zeigen sie Deformationszwillinge. Die Zusammensetzung der Meta-Diabas-Mandelsteine besteht aus 50 % Kalzit, 15–20 % Chlorit, 5–10 % Feldspat, 3–5 % Quarz und etwa 20 % Hämatit,

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

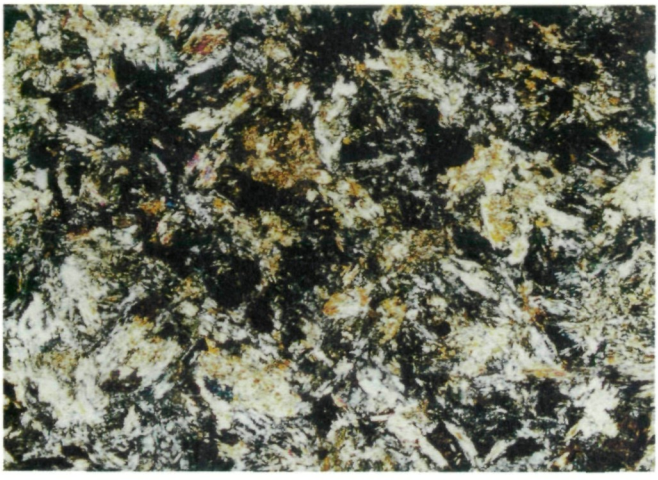


Abb. 55: Meta-Basalt mit sehr *feinkörniger (ehemals glasiger?)* Grundmasse. Plagioklasleisten, die ein intersertales (ungeregeltes) Gefüge bilden. Größe der Felsspatleisten 50-300 µm, filzig verwachsen, polysynthetische Zwillinge, teilweise serizitisiert. Weitere Minerale: Epidot, Ilmenit-Skelett-Kristalle, zersetzte Pyroxene, Erz. NW Rammkogel, Nordhang des Magdalensberges. Dünnschliff, parallele Nicols, Bildbreite 3 mm. Foto: Wiese (1995:29)

Leukoxen und andere Erze. Im Steinbruch Paule am Nordfuß des Magdalensberges wurden Orthochlorite mit anomalen blauen Interferenzfarben gefunden (Abb. 54) (Wiese 1995:32). Filzig verwachsene Plagioklasleisten hat Wiese (1995:29) beobachtet (Abb. 55). Ein chloritisierter idiomorpher Pyroxen-Einsprengling (Abb. 26) wurde von Weinert (1996:26) abgebildet.

Sehr vereinzelt sind Pillow-Laven gefunden worden, die bei untermeerischen Lavaaustritten entstehen. Die kissenförmigen Formen entstehen wenn die austretende Lava beim Kontakt mit dem kalten Meerwasser an der Oberfläche rasch erkaltet und eine feste Kruste bildet, während das Innere noch zähflüssig ist und z. B. durch eine darüber austretende Lava gedrückt und verformt wird (Abb. 60) (Weinert 1996:24, Thiedig & Wappis 2003:55, Abb. 12). Dabei werden die ursprünglich ziemlich runden Gasblasen beim Zerfließen gedehnt und zu mandelförmigen Hohlräumen gelängt.

Relativ häufig sind besonders im Gebiet des Zechnerkogels Brockentuffe beobachtet worden, mit teilweise sehr gut gerundete Komponenten, die als Strandgerölle gedeutet werden (Abb. 59, 61) (Weinert 1996:19, 24).

Deckenbau und Bruchtektonik

Im Gegensatz zu den Vorstellungen, mit denen die Arbeitsgemeinschaft der Universitäten in Clausthal-Zellerfeld (Prof. Pilger), Tübingen (Prof. Schönenberg) und Wien (Prof. Clar), der Lagerstätten-Forschung der ÖAMG (Prof. Meixner, Dr. Fritsch) und dem Landesmuseum für Kärnten (Prof. Kahler) Ende der 1950er Jahre ihre Kartierungen im Saualpenraum begannen, hat sich im Verlauf von fast 3 Jahrzehnten aus einem sehr einfachen falschen tektonischen Modell die Gewissheit ergeben, dass wir es hier mit einem komplizierten Verlauf von mehrfacher Metamorphose und mehrfachen tektonischen Ereignissen zu tun haben. Durch die damals gerade

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

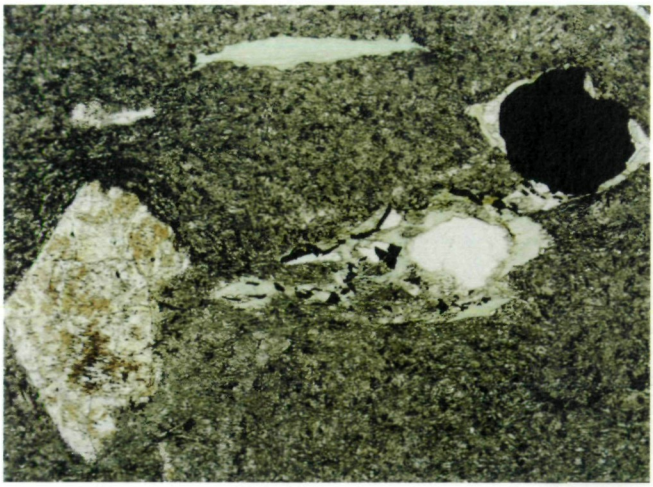


Abb. 56: Meta-Basalt mit tektonisch geplätteten mandelförmigen Blasenhohlräumen, die mit Calcit und Chlorit gefüllt sind. Die dichte Grundmasse wird aus Albitleisten, Chlorit (filzig), Calcit, Pyroxen, Leukoxen, Hämatit (schwarz) und Pyroxen gebildet. Links hellbräunliche Chlorit/Calcit-Pseudomorphose nach Pyroxen, etwa 1,3 mm groß. Steinbruch Paule, Nordfuß des Magdalensbergs, 1,5 km NE St. Donat. Dünnschliff, gekreuzte Nicols, Bildbreite 3 mm. Foto: Wiese (1995:31)

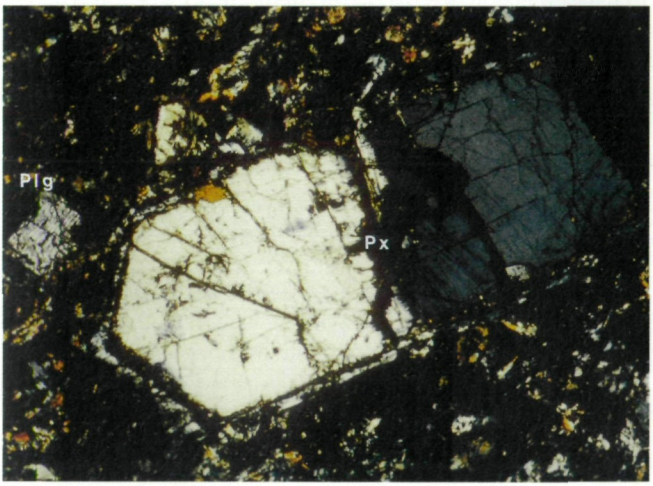


Abb. 57: Meta-Basalt mit idiomorphem verzwillingtem Pyroxen (Px). Am linken Bildrand kleiner verzwillingter Plagioklas (Plg). Dünnschliff, gekreuzte Nicols, Bildbreite 3 mm. Foto: Hansen (1989:20)

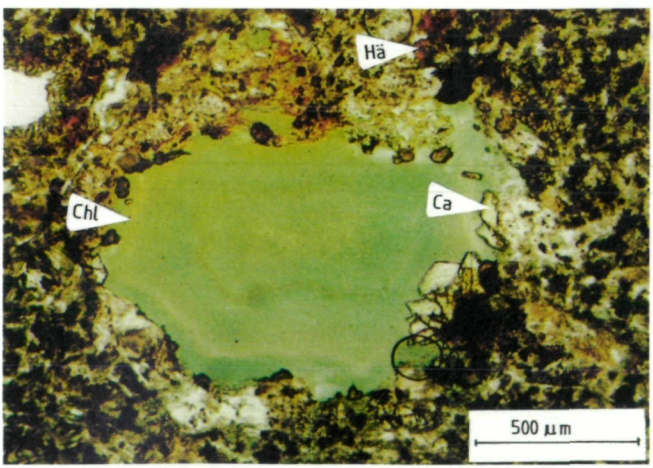


Abb. 58: Meta-Basalt mit Blasenhohlraum, gefüllt mit Chlorit (Chl). In der Matrix: blutroter Hämatit (Hä), braune Körner Leukoxen, helle Kristalle Calcit (Ca). Westhang des Labongrabens in ca. 750 m NN. Dünnschliff, parallele Nicols, Bildbreite 2 mm. Foto: Amberge (1997:27)

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 59: Meta-Lapilli-Brockentuff, komponentengestütztes, polymiktes Gefüge. Aufschluss Südwestabhang des Magdalensberg, 200 m SW des Gipfels in ca.1000 m Höhe. Komponentenumrisse nachgezeichnet, Bildbreite 60 cm. Foto: Weinert (1996:19)

Abb. 60: Pillow-Lava mit Zwickelfüllung. Aufschluss nördlich vlg. Lientratner, östlich St. Donat. Verformung beim Ausfließen der Lava und Kontakt mit dem Meerwasser. Bildbreite 45 cm. Foto: Weinert (1996:24)

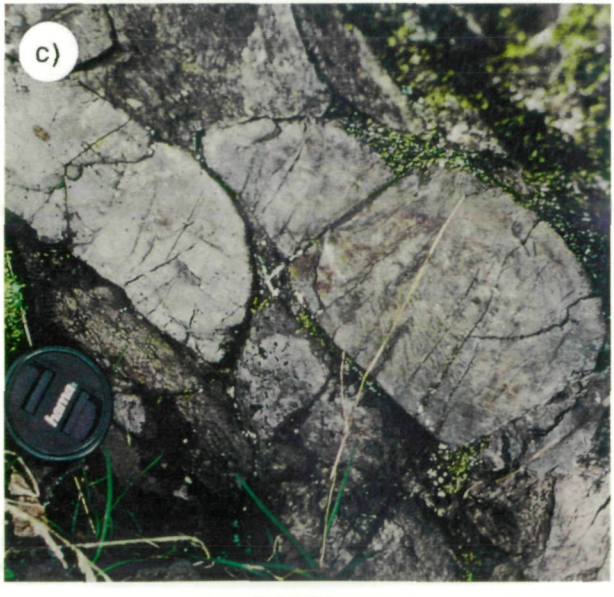


Abb. 61: Polymikter, komponentengestützter Meta-Brockentuff. Aufschluss am Westhang des Zechnerkogels. Bildbreite ca. 25 cm. Weinert (1996:19)

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

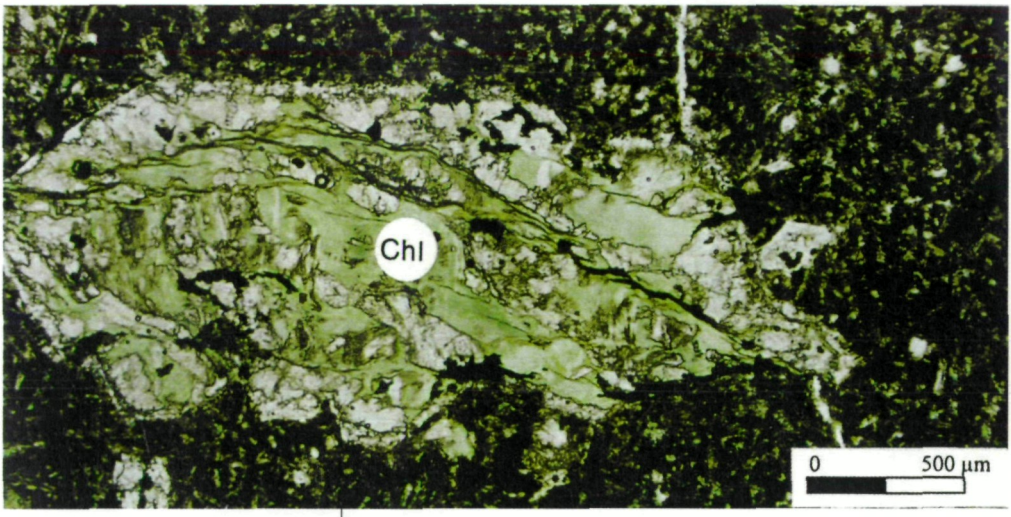


Abb. 62: Chloritisierter Pyroxen-Einsprengling (großer idiomorpher Umriss) in Meta-Basalt. Östlich St. Donat (nördlich vlg. Lientratner). Dünnschliff, parallele Nicols, Bildbreite ca. 3 mm. Foto: Weinert (1996:26)

entdeckte Bedeutung der Conodonten für die stratigraphische Bestimmung von Karbonatgesteinen und ebenso durch die Einführung von isotopischen Altersdatierungen konnten viele bis dahin ungeklärte Altersverhältnisse aufgedeckt werden und neue Konzepte eines Deckenbaus aufgestellt werden, aber auch alte, zeitweise wieder verworfene Vorstellungen bestätigt werden.

Besonders die Alterseinstufungen von paläozoischen Karbonatgesteinen haben wesentlich dazu beigetragen, das Modell von einem Deckenbau zu bestätigen (Kleinschmidt 1966, 1970, Schönenberg 1967, Neugebauer 1970), auch wenn zunächst ohne die isotopischen Altersdatierungen ein variscisches Alter für den Deckenbau postuliert wurde, hat Weissenbach (in Pilger & Weissenbach 1970:26) aber bereits das Deckenmodell von Tollmann (1963) aufgegriffen und diskutiert.

Es ist inzwischen längst belegt, dass neben der variscischen Tektogenese vor allem die alpidische Phase für den heute sichtbaren Decken- und Schuppenbau im Ostalpin verantwortlich war (Morauf 1981, 1982, Manby & Thiedig 1988, Manby et al. 1989, Heede 1997). Die Fossilfunde in den Marmoren der Phyllitgruppe beweisen, dass auch die metamorphen Einheiten der Phyllitgruppe altpaläozoische Sedimente sind. Selbst für die höher metamorphen Einheiten des Saualpen-Kristallins, wie z. B. die großen Marmor-Vorkommen, ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass sie aus altpaläozoischen Ablagerungen entstanden sind, was Fritsch (1962) im Ansatz bereits diskutiert hat.

Abb. 63: Zerbrochene Ilmenit-Pseudomorphose nach Skelett-Olivin in Meta-Basalt (Donaldson 1976), vgl. Abb. 64, 65. Die Grundmasse besteht aus Chlorit und Feldspat. Nördlich Passberg. Dünnschliff, parallele Nicols, Größe der Pseudomorphose ca. 1,2 mm. Foto: Bauer 1987:118)

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

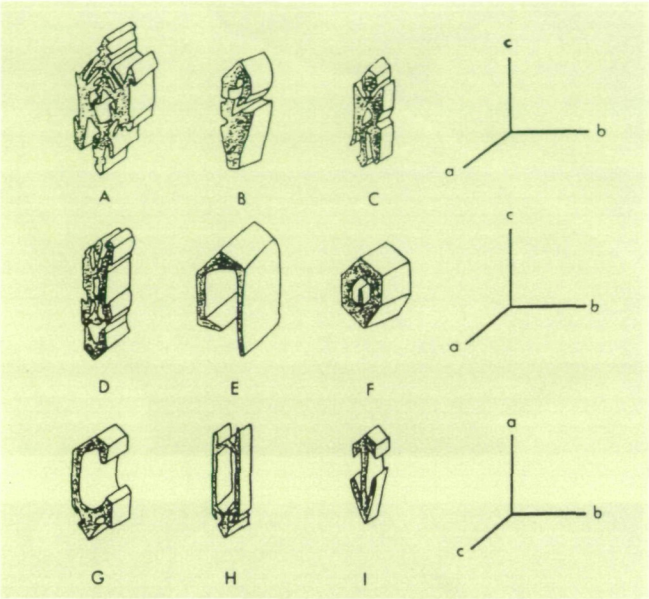


Abb. 64: Dreidimensionale Skizzen der Kristallmorphologie experimentell gezüchteter Skelett-Olivine nach Donaldson (1976). Länge der abgebildeten Olivin-Skelett-Kristalle zwischen 0,1 bis 4,0 mm. (Bauer 1987:119)

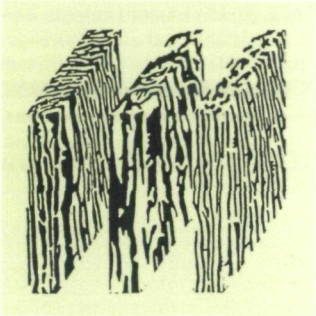


Abb. 65: *Dreidimensionale Darstellung* von parallel verzweigten Olivinen (schwarz) nach Donaldson (1978). Skelett-Olivine unterscheiden sich von parallel verzweigten Olivinen durch das zellenartige Wachstum. (Bauer 1987:119)

Abb. 66: Pseudomorphose von Ilmenit nach parallel verzweigtem Olivin in Meta-Basalt. Matrix: Chlorit und helle stark zersetzter Feldspat. Nördlich Passberg. Dünnschliff, parallele Nicols, schmale Bildseite ca. 3 mm. Vgl. *Abb. 63 bis 65.*
Foto: Bauer (1987:119)

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 67: Mit Hämatit belegte Harnischfläche auf einer Störungsfläche. Blockhalde im nördlichen Bereich des Paule-Steinbruchs, Nordfuß des Magdalensberges. Breite des Bildes ca. 40 cm. Foto: Thiedig 2004

Abb. 68: Bewegungsstriemen auf einer Harnischfläche (Störungsfläche). Blockhalde im nördlichen Bereich des Paule Steinbruchs, Nordfuß des Magdalensberges. Bildbreite etwa 50 cm. Foto: Thiedig 2004

Noch komplizierter wurde das Puzzle des geologischen Baus durch die jüngere tertiärzeitliche Bruch- und Überschiebungstektonik, die aber durch die gut erkennbaren Verstellungen der postvariscischen Transgressionsserie (Perm bis Eozän) im Bergland des Magdalensberges und Christofberges leichter erfassbar ist (THIEDIG 1981,THIEDIG 2004). Junge bruchtektonische Deformationen an Gesteinen der Magdalensberg-Folge, z. B. mit Hämatit-Bestegen und Harnischstreifung sind in Steinbrüchen häufiger zu finden (Abb. 67 und 68).

Ausblicke auf Nachbarregionen

Ein Vorkommen sehr ähnlicher basischer Vulkanite befindet sich an der Basis der Nordkarawankenkette östlich und westlich von Eisenkappel in den tief eingeschnittenen Tälern im Lobnig- und Leppenbach und im Ebriachtal, wo sie von LOESCHKE (1970, 1987) und EXNER (1971) beschrieben wurden (Abb. 8). Leider ist es bisher nicht gelungen, das

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

genauere Alter der Gesteine dieses „Diabaszuges" herauszufinden. Sie warten noch auf die Entdeckung ihres Alters. Die Gesteine der nördlichen Grauwackenzone oder auch z. B. im Rheinischen und Thüringer Schiefergebirge mit sehr ähnlichen vulkanischen Gesteinsausbildungen sind aber als devonische Ereignisse erheblich jünger.

LITERATUR

AMBERGE, C. (1997): Geologische Neukartierung des Gebietes Labongraben/Steinbruchkogel (Kärnten/Österreich). – Unpubl. Geol. Kart., FB Geowiss. Univ. Münster, 1–73, Münster.

ASCHWER, U. (1997): Geologische Neukartierung des Gebietes Labongraben/Steinbruchkogel (Kärnten/Österreich). – Unpubl. Geol. Kart., FB Geowiss. Univ. Münster, 1–73, Münster.

ANGEL, F. (1934): Mittelkärntner Diabase. – Carinthia II, 123./124.:14–16, Klagenfurt.

BAUER, O. (1987): Geologische Neukartierung des Gebietes um St. Veit a. d. Glan am Ostrand der Gurktaler Alpen (Kärnten/Österreich). – Unpubl. Geol. Dipl.-Arb., FB Geowiss. Universität Hamburg, 1–261, Hamburg.

BECK, H. (1928): Aufnahmsberichte über Blatt Hüttenberg-Eberstein. – Verhandl. Geol. B.-A., 28–39, Wien.

BECK, H. (1930): Aufnahmsberichte über Blatt Hüttenberg-Eberstein. – Verhandl. Geol. B.-A., 33–34, Wien.

BECK, H. (1931): Geologische Spezialkarte der Republik Österreich 1: 75 000, Blatt Hüttenberg-Eberstein. – Geol. B.-A., Wien.

BUCHROITHNER, M. (1979): Biostratigraphische und fazielle Untersuchungen im Paläozoikum von Mittelkärnten. – Carinthia II, 169./89.:71–95, Klagenfurt.

CLAR, E., W. FRITSCH, H. MEIXNER, A. PILGER & R. SCHÖNENBERG (1963): Die Geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins VI. – Carinthia II, 153./73.:23–51, Klagenfurt.

DITGES, V. (1997): Geologische Kartierung des Gebietes Labongraben/Steinbruchkogel (Österreich/Kärnten). – Unpubl. Geol. Dipl.-Kart., FB Geowiss. Univ. Münster, 1–98, Münster.

DIERKES, C. (1996): Geologische Neukartierung der südlichen Umgebung des Magdalensberges und des Rotenkogels (Kärnten/Österreich) – mit statistischer Auswertung des Baumaterials der Süd- und Osthangbauten der keltisch-römischen Ausgrabung auf dem Magdalensberg. – Unpubl. Dipl.-Kart., FB Geowiss. Univ. Münster, 1–67, Münster.

DONALDSON, C. H. (1976): An experimental investigation of olivine morphology. – Contr. Mineral. Petrol., 57.:187–213, Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York.

EXNER, C. (1971): Geologie der Karawankenplutone östlich Eisenkappel, Kärnten. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 64:1–108, Wien.

FLÜGEL, H. (1958): 140 Jahre geologische Forschung im Grazer Paläozoikum. – Mitt. Ver. Steiermark, 88:51–78, Graz.

FRANK, W. & G. RIEHL-HERWIRSCH (1971): Der Metamorphosehiatus zwischen Magdalensbergserie und Oberkarbon in Mittelkärnten (Umgebung des Christophberges). – Sitzber. Anz. Österr. Akad, Wiss., 108 (10):139–140, Wien.

FRITSCH, W., H. MEIXNER, A. PILGER & R. SCHÖNENBERG (1960): Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten) I. – Carinthia II, 150./70.:7–28, Klagenfurt.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

FRITSCH, W. (1962): Von der „Anchi"- zur Katazone im kristallinen Grundgebirge Ostkärntens. – Geol. Rundschau, 52.:202–210, Stuttgart.

FRITSCH, W. (1969): Zur Geologie des Gebietes nördlich von St. Veit a. d. Glan, Kärnten und zur Tektonik des Krappfeldbeckens. – Carinthia II, 159./ 79.:12– 27, Klagenfurt.

FROHNERT, G. (1985): Geologische Neukartierung am Ulrichsberg nördlich von Klagenfurt (Kärnten/Österreich). – Unpubl. Geol. Dipl.-Arb., FB Geowiss. Univ. Hamburg, 1–131, Hamburg.

KRENMAYR, H. G. (Red.) (1999): Rocky Austria. Eine bunte Erdgeschichte. – Geol. B.-A., 1–63, Wien.

GÖBEL, P. (1995): Geologische Neukartierung des Osthanges des Magdalensberges und des angrenzenden Rotenkogels in Kärnten/ Österreich. – Unpubl. Kart., FB Geowiss. Univ. Münster, 1–70, Münster.

GOSEN , W. v. & F. THIEDIG (1982): Die Gurktaler Decke (Oberostalpin) und ihr unterlagerndes Mittelostalpines Kristallin (Kärnten/Steiermark – Österreich). – Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 53.:11–32, Hamburg.

GOSEN; W. VON, K.-H. HAIGES & F. THIEDIG (1982): Fossilführendes Paläozoikum am Ostrand der Gurktaler Alpen. – Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 53.:51–168, Hamburg.

GROSCHOPF, R., (1970): Zur Petrographie und Tektonik des schwach metamorphen Altpaläozoikums im nordöstlichen Klagenfurter Becken (Ostalpen). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 19.:215–278, Wien.

HABERFELNER, E. (1936): Das Paläozoikum von Althofen am Krappfeld in Kärnten. – Zentralbl. Min.etc. Jahrg. 1936 Abt. B, No. 9:395–408, Stuttgart.

HAIGES, K.-H. (1977): Geologische Neukartierung der östlichsten Gurktaler Alpen, Bereich Kraig – Meiselding (Bez. St. Veit a. d. Glan, Kärnten, Österreich. – Unpubl. Geol. Dipl.-Arb., 1–275, Hamburg.

HANSEN, H. (1989): Geologische Neukartierung zwischen Brückl und St. Georgen südlich des Krappfeldes (Kärnten/Österreich). – Unpubl. Geol. Dipl.-Arb., FB Geowiss. Univ. Hamburg, 1–93, Hamburg.

HAQ, B. U. & W. B. v. EYSINGA (1998): Geological Time Table. – 5. Ed., Elsevier Science B. V., Amsterdam.

HAVLICEK, V., J. KRIZ, & E. SERPAGLI (1987): Upper Ordovician brachiopod assemblages of the Carnic Alps, Middle Carinthia and Sardinia. – Bulletino della Società Paleontologica Italiana, 23.:277–311, Modena.

HEEDE, H.-U. (1997): Isotopengeologische Untersuchungen an Gesteinen des ostalpinen Saualpenkristallins, Kärnten - Österreich. – Münster. Forsch. Geol. Paläont., 81.:1–168, Münster.

HÖFER (1894): Die geologischen Verhältnisse der St. Pauler Berge in Kärnten. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, 103:467–487, Wien.

HUSEN, D. v. (1976): Zur quartären Entwicklung des Krappfeldes und des Berglandes um St. Veit an der Glan. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 23:55–68, Wien.

KAHLER, F. (1938): Ein neuer Nachweis von Paläozoikum am Westfuß des Saualpenkristallins (Kärnten). – Verh. Geol. B.-A., 1938:101–103, Wien.

KAHLER , F. (1953): Der Bau der Karawanken und des Klagenfurter Beckens. – Carinthia II, 16. SH, 1–78, Klagenfurt.

KAHLER, F. (1962): Geologische Karte der Umgebung von Klagenfurt, Maßstab 1:50000. – Geol. B.-A. Wien, Zusammendruck Bl. Klagenfurt 202 und Maria Saal 203, Wien.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

KAHLER, F. & H. WOLSEGGER (1934): Zur Geologie des Gebietes nördlich von Klagenfurt. – Carinthia II, 123./124.:1–13, Klagenfurt.

KARSTEN, C. J. B. (1821): Metallurgische Reise durch einen Teil von Baiern und durch die süddeutschen Provinzen Österreichs. – Curtsche Buchhandlung, Halle.

KEFERSTEIN, CH. (1828/1829): Beobachtungen und Ansichten über die Geognostischen Verhältnisse der nördlichen Kalk-Alpenkette in Österreich und Baiern ect. – Teutschland geognostisch-geologisch dargestellt. – 5(3):425–570, Weimar.

KETTRUP, D. (1998): Geologie des Magdalensberges und Umgebung (Kärnten/Österreich sowie die Korrelation altpaläozoischer Vulkanite in den Ostalpen. – Unpubl. Dipl. Arb., 1–69, Westf. Wilhelms-Univ. Münster.

KIESLINGER, A. (1956): Die nutzbaren Gesteine Kärntens. – Carinthia II, 17. SH, 1–348, Klagenfurt.

KLEINSCHMIDT, G. (1966): Krinoiden aus dem epizonalen Kristallin der Saualpe/Kärnten. – Jb. Geol. Paläont. Mh., 12:707–716, Stuttgart.

KLEINSCHMIDT, G. (1970): Metamorphose und Stratigraphie im Kristallin der südlichen Saualpe (Ostalpen). – Abh. Naturwiss. Ver. Hamburg, 14:81–144, Hamburg.

KLEINSCHMIDT, G., J. NEUGEBAUER & R. SCHÖNENBERG (1975): Gesteinsinhalt und Stratigraphie der Phyllitgruppe in der Saualpe. – Clausth. Geol. Abh., Sonder-Bd. 1:11– 44, Clausthal-Zellerfeld.

KLEINSCHMIDT, G., M. SEGER & F. THIEDIG (1989): Geol. Karte Österreich 1:50000, Blatt 205 - Sankt Paul im Lavanttal. – Geol. B.-A., Wien.

KLEINSCHMIDT, G. & F. WURM (1966): Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten), X. Paläozoikum und epizonale Serien zwischen St. Andrä im Lavanttal und Griffen. – Carinthia II, 156./ 76.:108–140, Klagenfurt.

LEGGEWIE, R. (1970): Geologische Kartierung der Permotrias, der Kreide und des Tertiärs im Görtschitztal zwischen Eberstein und Klein St. Paul (Krappfeld/Kärnten). – Unpubl. Geol. Dipl.-Arb., Univ. Hamburg, 1–81, Hamburg.

LEHMANN, U. (1985): Paläontologisches Wörterbuch. – 3. Aufl., 1– 440, Enke, Stuttgart.

LENZE, C. (1997): Geologische Neukartierung des Südwesthanges des Magdalensberges in Kärnten/Österreich. – 1–72, unveröff. Geol. Dipl.-Arb., Univ. Münster, Münster.

LETERRIER, J., R. C. MAURY, P. THONON et al. (1982): Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series. – Earth. Planet. Sci. Lett., 59:139–154.

LICHTENBERGER, E. (1959): Der Rückzug des Würmgletschers im mittleren Klagenfurter Becken und Krappfeld. – Mitt. Österr. Geogr. Ges., 101:37–62, Wien.

LIPOLD, M. V. (1856): Erläuterung geologischer Durchschnitte aus dem östlichen Kärnten. – Jb. Geol. K.K.R.-A. Wien, 332–352, Wien.

LOESCHKE, J. (1970): Zur Geologie und Petrographie des Diabaszuges westlich Eisenkappel (Ebriachtal/Karawanken/Österreich). – Oberrhein. Geol. Abh., 64:62–74, Stuttgart.

LOESCHKE, J. (1989): Die paläotektonische Stellung der Vulkanite der Magdalensberg-Serie (Ober-Ordovizium, Gurktaler Decke, Kärnten, Österreich). – Carinthia II, 179./ 99.:491–507, Klagenfurt.

LOESCHKE, J. & H. SCHNEPF (1987): Zur Geologie des Diabaszuges östlich Eisenkappel (Kärnten/Österreich). – Jb. Geol. Paläont., 174.:303–329, Stuttgart.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

LÜSCHEN, H. (1979): Die Namen der Steine. Das Mineralreich im Spiegel der Sprache. – Ott Verlag, 2. Aufl., 1–381, Thun (Schweiz).

MANBY, G. M. & F. THIEDIG (1988): Petrology of eclogites from the Saualpe, Austria. – Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 68.:441– 466, Zürich.

MANBY, G. M., F. THIEDIG & I. MILLAR (1989): Textural, chemical and isotopic constraints on the age of the Saualpe. – In: SASSI, F. P. & BOURROILH, R. (Ed.): IGCP No. 5, Newsletter 7 (1987), 195–200, Padua.

MITSCH, N. (1967): Zur Geologie des Magdalensberges und Muraunberges bei St. Veit. – Unveröff. Diss, Univ. Wien, 1–154, Beilageband, Wien.

MORAUF, W. (1981): Rb-Sr- und K-Ar-Isotopenalter an Pegmatiten aus Kor- und Saualpe. – Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 28:113–129, Wien.

MORAUF, W. (1982): Rb-Sr- und K-Ar-Evidenz für eine intensive alpidische Beeinflussung der Paragesteine in Kor- und Saualpe. – Tscherm. Mineral. Petrogr. Mitt., 29.:255–282, Wien.

MÜLLER, A. H. (1980): Lehrbuch der Paläozoologie. – Bd. II - Invertebraten, Teil I Protozoa – Mollusca 1, 3. Aufl., 1–628, VEB Gustav Fischer, Jena.

MULLEN, E. D. (1983): $MnO/TiO_2/P_2O_5$: a minor element discrimination for basaltic rocks of oceanic environments and its implication for petrogenesis. – Earth Planet. Sci. Lett., 62: 53–62.

MURBAN, K. (1938): Brachiopoden aus dem Karadoc vom Christofberg bei Pischeldorf. – Anz. Akad. Wiss., 75 (1938):60–61, Wien.

NEUBAUER, F. (1979): Die Gliederung des Altpaläozoikums südlich und westlich von Murau (Steiermark/Kärnten). – Jb. Geol. B.-A., 122:455–511, Wien.

NEUBAUER, F. & J. PISTOTNIK (1984): Das Altpaläozoikum und Unterkarbon des Gurktaler Deckensystems (Ostalpen) und ihre paläogeographischen Beziehungen. – Geol. Rundschau 73:149–174, Stuttgart.

NEUGEBAUER, H.-J. (1970): Alt-paläozoische Schichtfolge, Deckenbau und Metamorphose-Ablauf im südwestlichen Saualpen-Kristallin (Ostalpen). – Geotekt. Forsch., 35:23–93, Stuttgart.

OEHMEN, M.(1995): Geologische Neukartierung des Marmorvorkommens von Töschling, Pavor und Sekull vom Typus „Pörtschacher Marmor" in Kärnten/Österreich. – Unpubl. Dipl.-Kart., Univ. Münster, 1–36, Münster.

PESCH, P. (1988): Geologische Neukartierung zwischen Eberstein und Brückl (Kärnten/Österreich). – Unpubl. Geol. Dipl. Arb., Univ. Hamburg, 1–97, Hamburg.

PETERS, K. (1855): Bericht über die geologische Aufnahme in Kärnten 1854. – Jb. Geol. R.-A., 6.:508–580, Wien.

PICCOTINI, G. (1989a): Bauen und Wohnen in der Stadt auf dem Magdalensberg - Studien zur Ur- und Frühgeschichte des Donau- und Ostalpenraumes. – Österr. Akad. Wiss. Philos.-Histor. Kl., Denkschr. 208.:1–16, Wien.

PICCOTINI, G. (1989b): Die Römer in Kärnten. – Carinthia I, 1–304, Klagenfurt.

PILGER, A. & N. WEISSENBACH (1970): Stand und Aussichten der Forschung über Stratigraphie, Tektonik und Metamorphose in der Saualpe in Kärnten. – Clausth. Geol. Abh. 5.:1–39, Clausthal-Zellerfeld.

PISTOTNIK, J. (1989): Geologie der Gurktaler Decke. Phyllitgruppe und Magdalensbergserie auf ÖK-Blatt 186 St. Veit/Glan. – Arbeitstagung Geol. B.-A., 42– 44, Wien.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

REDLICH, K. A. (1905): Die Geologie des Gurk- und Görtschitztales. – Jb. Geol. B.-A., 55:327–348, Wien.

REITZ, E. (1994): Unterordovizische Acritarchen aus der Magdalensberg-Gruppe in Ostkärnten und aus der Salzburger Grauwackenzone (Österreich). – Jb. Geol. B.-A., 137:661–668, Wien.

RIEHL-HERWIRSCH, G. (1965): Die postvariscische Transgressionsserie im Bergland östlich vom Magdalensberg. – Mitt. Geol. Bergbaustud., 14/15 (1963/1964):229–266, Wien.

RIEHL-HERWIRSCH, G. (1970): Zur Altersstellung der Magdalensbergserie Mittelkärnten Österreich. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 19:195–214, Wien.

ROSTHORN, F. v. & J. L. CANAVAL (1853): Beiträge zur Mineralogie und Geognosie von Kärnten. – Jb. natur-hist. Landesmuseums Kärnten, 2:113–176, Klagenfurt.

SCHNEPF, H. G. (1989): Vulkanismus und Sedimentologie im Murauer Paläozoikum (Gurktaler Decke/Österreich). – Arb. Inst. Mus. Geol. Paläont. Univ. Tübingen, 2:1–184, Tübingen.

SCHÖNLAUB, H. P. (1971): Die Althofen-Gruppe – eine neue stratigraphische Einheit im Devon Mittelkärntens (Österreich). – Jb. Geol. Paläont., 288–305, Stuttgart.

SCHÖNLAUB, H. P. (1979): Das Paläozoikum in Österreich. – Abh. Geol. B.A., 33:1–124, Wien.

SCHÖNENBERG, R. (1967): Über das Altpaläozoikum der südlichen Ostalpen (Karawanken – Klagenfurter Becken – Saualpenkristallin). – Geol. Rundschau, 56.:473–480, Stuttgart.

SCHRAMM, J.-M., W. v. GOSEN, M. SEGER & F. THIEDIG (1982): Zur Metamorphose. variszischer und postvariszischer Feinklastika in Mittel- und Ostkärnten (Österreich). – 53.:169–179, Hamburg.

SCOTESE, C. R. & J. GOLONKA (1992): Paleographic Atlas, Paleomap Project. – Dept. Geol., Univ. Texas, 1–35, Arlington.

SEELMEIER, H. (1939): Die stratigraphische Eingliederung der Diabase und Diabastuffe des Christophberges bei Klagenfurt. – Anz. Akad. Wiss. Wien, Math.-Naturwiss. Kl., 75:110–113, Wien.

SEELMEIER, H. (1940): Geologische Beobachtungen in der Umgebung des Christofberges und St. Magdalens-Berges bei Klagenfurt. – Zeitschr. Dt. Geol. Ges., 92:430–441, Stuttgart.

STREHL, E. (1962): Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten), IV, Das Paläozoikum und sein Deckgebirge zwischen Klein St. Paul und Brückl. – Carinthia II, 152./72.:46–74, Klagenfurt.

SYLVESTER, H. (1989): Vergleich von Perm/Skyth-Profilen des Ober-, Mittel- und Unterostalpins. – J. Geol. B.-A., 132:791–821, Wien.

THIEDIG, F. (1962): Die geologische Neuaufnahme des Saualpenkristallins (Kärnten). III. Die Phyllit- und Glimmerschieferbereiche zwischen Lölling und Klein St. Paul. – Carinthia II, 152./72.:21–45, Klagenfurt.

THIEDIG, F. (1966): Der südliche Rahmen des Saualpen-Kristallins in Kärnten. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.,16.:5–70, Wien.

THIEDIG, F. (1970): Verbreitung, Ausbildung und stratigraphische Einstufung neogener Rotlehme und Grobschotter in Ostkärnten (Österreich). – Mitt. Geol.- Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 39.:97–116, Hamburg.

THIEDIG. F. (1981): Falten- und Überschiebungstektonik im Permo-Mesozoikum des Krappfeldes südwestlich von Eberstein in Kärnten (Österreich). – Z. dt. Geol. Ges., 132.:167–174, Hannover.

THIEDIG, F., D. v. HUSEN & J. PISTOTNIK (1999): Geol. Karte Österreich 1:50000, Blatt 186 - St. Veit an der Glan. – Geol. B.-A., Wien.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

THIEDIG, F. & E. WAPPIS (2003): Römisches Bauen aus naturwissenschaftlicher Sicht in der Stadt auf dem Magdalensberg in Kärnten. – Carinthia II, 193./113.:33–128, Klagenfurt.

THIEDIG, F. (2004): Die tektonische Position des Burgfelsens Hochosterwitz im Krappfeldgraben, Kärnten. – Carinthia II, 194./114.:97–116, Klagenfurt.

TOLLMANN, A. (1963): Ostalpensynthese, VIII, 1–256. – Deuticke, Wien.

TOLLMANN, A. (1977): Geologie von Österreich - Die Zentralalpen. – Bd. I, 1–766, Deuticke, Wien.

TRÖGER, K.-A. (1984): Abriss der Historischen Geologie, 1–718. – Akademie-Verl., Berlin.

WEINERT, M. (1996): Geologische Neukartierung des Westhanges des Magdalensberges und des angrenzenden Zechnerkogels (Kärnten/Österreich). Mit einem Beitrag zur keltisch-römischen Ausgrabungsstätte am Magdalensberg. – Unpubl. Geol. Dipl.-Arb., Univ. Münster, 1–76, Münster.

WERNER, B. (1995): Geologische Kartierung am NE-Hang des Magdalensberges Österreich/Kärnten. Mit einem Beitrag zur keltisch-römischen Ausgrabungsstätte am Magdalensberg. – Unpubl. Geol. Dipl.-Kart., Univ. Münster, 1–66, Münster.

WIESE, B. (1995): Der NW-Hang des Magdalensberges in Kärnten/Österreich. Mit Beiträgen zur Hydrogeologie und keltisch-römischen Ausgrabungsstätte am Magdalensberg. – Geol. Dipl.-Kart., Univ. Münster, 1–66, Münster.

WIMMENAUER, W. (1985): Petrographie der magmatischen und metamorphen Gesteine, 1–382. – Enke, Stuttgart.

WOLTER, L., F. THIEDIG, P. PESCH, J. HALAMI & T. APPOLD (1982): Geologie und Tektonik des Krappfeld-Mesozoikums (Ebersteiner Trias) in Kärnten/Österreich. – Mitt. Geol.- Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 53:207–248, Hamburg.

Anschrift des Verfassers
Univ.-Prof. Dr. Friedhelm Thiedig,
Steinkamp 5,
D-22844 Norderstedt
Deutschland