

Diskussion zur paläogeographischen Position des Grazer Terrane aufgrund neuer paläomagnetischer Daten aus dem Unterdevon

Von Alois FENNINGER, Bernhard HUBMANN, Birgit MOSER und Robert SCHOLGER
Mit 6 Abbildungen

Angenommen am 4. Juni 1997

Summary: The palaeogeographic location of the 'Grazer Terrane' – new Lower Devonian palaeomagnetic data. – New Lower Devonian (Emsian?; Dolomitsandstone Fm.) palaeomagnetic data support an equatorial position of the Grazer Palaeozoic.

Zusammenfassung: Neue paläomagnetische Daten aus dem Unterdevon (Emsium?; Dolomitsandstein Formation) des Grazer Paläozoikum unterstützen die Vorstellung einer äquatorialen Position des Ablagerungsraumes.

1. Einleitung

Ein im Jahre 1995 errichteter Forstaufschließungsweg der Firma Denig im Raum des Kanzel- und Admonterkogels durchörtert vorwiegend Gesteine der Dolomitsandstein Formation und stellt das zur Zeit am besten aufgeschlossene Profil durch diese Formation in der Rannach-Decke des Grazer Paläozoikum dar. Die wenigen biostratigraphischen Daten aus der Dolomitsandstein Formation lassen vermuten, daß der größte Anteil ins Unterdevon einzustufen ist. Zu dieser Zeit lag der Nordrand von Gondwana nach bisherigen paläomagnetischen Untersuchungen ca. 10° südlich des Äquators (KENT & VAN DER VOO 1990), wenngleich bekannt ist, daß sich am Nordrand dieses Großkontinentes zu verschiedenen Zeiten Mikroplatten abspalteten. Diese stellten Gondwana vorgelagerte Inselgruppen des Rheia Ozeans dar. Auch für das Grazer Paläozoikum wird eine derartige Position angenommen (FLÜGEL & HUBMANN 1993, SCHÖNLAUB 1992). Aus paläontologischen Befunden wurde für das Grazer Paläozoikum eine äquatornahe Position im Devon gefordert (HUBMANN 1992a,b, HUBMANN 1993, HERMANN & HUBMANN 1994). Mittels paläomagnetischer Untersuchungen wurde der Versuch unternommen, zusätzliche Informationen über die paläogeographische Stellung der Dolomitsandstein Formation zu erhalten.

2. Fazies und Tektonik

Einen wesentlichen Faktor für das Verteilungsmuster von Organismen spielt die Temperatur und damit die geographische Breitenlage (vgl. SCHLANGER 1981). Das gilt nicht nur für klimatische Faktoren, die unmittelbar an die geographische Situation gebunden sind, sondern auch für das äquatoriale ozeanische Oberflächenströmungsmuster, das die (selektive) Ausbreitung vieler Organismen steuert. Letzteres gilt insbesondere für flachmarine Benthonten, deren Larven größtenteils unterschiedlich lange planktische Stadien durchlaufen, während denen sie passiv driftend verbreitet werden. In Abhängigkeit von der geographischen Position – ob nördlich oder südlich des Äquators und damit ob im Einflußbereich nördlicher oder südlicher äquatorialer, bzw. subtropischer Gyren

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
(Strömungskreise) – muß sich auch der „biogeographische“ Einfluß bemerkbar machen. Im Einflußbereich südlich gelegener Gyren müßten sich demnach marine Floren und Faunen entwickeln, die unterschiedlich von „Nordvorkommen“ sind. Beim „Durchwandern“ durch solche Zonen muß sich auch der organismische Charakter (Faunen/Florenzusammensetzung) in der Zeit ändern. Lokale „Bioevents“, also „Aussterben“ und „Einwandern“ sollten transparent werden. Solche Ereignisse sind allerdings schwer zu fassen (vgl. BOUCOT 1990). Zudem kommt, daß durch die Lage von Kontinenten und/oder Insel(gruppen) innerhalb der breitenparallelen Wasserbewegungen Strömungen sich auf-fächern und das Muster empfindlich verändern (vgl. OTT 1988: 56–64). Eine diesbezügliche Rekonstruktion für das Devon bieten HECKEL & WITZKE 1979.

Das Grazer Paläozoikum weist einen komplexen faziellen und tektonischen (bzw. auch tektofaziellen) Bau auf (FRITZ & al. 1992 cum lit.). In der „oberen Deckengruppe“ (Rannach- und Hochlantsch-Decke) wird aus den Ablagerungen folgende Entwicklung transparent:

Im Silur dokumentiert sich mit schwach alkalischen und basischen Vulkanoklastika (extensionsbedingter Intraplattenvulkanismus; KOLMER 1978, FRITZ & NEUBAUER 1988, 1990, LOESCHKE 1989, WEBER 1990) der Zerfall eines „Kontinentes“. Diese Basisentwicklung des Grazer Raumes wird durch eine Wechselfolge von feinkörnigen, siliziklastisch-karbonatischen Sedimenten in Becken unterschiedlicher Wassertiefe (Obere Kher Formation, Parmasegg Formation, basale Anteile der Kogler Formation, Arzberg Formation) abgelöst.

Im Devon konfiguriert sich eine Karbonatplattformentwicklung. Mit grobkörnigen Sandsteinen und mächtigen Dolomitabfolgen, die Diabastuffitlagen beinhalten können, beginnt eine flachmarine, küstennahe Entwicklung (Dolomitsandstein Formation, Heuberg Formation, Sommeralm-Komplex). Diese wird mit teilweise stark fossilführenden Kalken (Eifelium) fortgesetzt (Barrandeikalk). Nach einer Rekurrenz mit frühdiagenetischen Dolomiten (cyanobakterielle Laminite, fenestrierte Dolostones, Giprosetten) folgt über den Barrandeikalken eine subtidale Entwicklung (Givetium) mit Kalken (untergeordnet Dolomite und Sandsteine) (Kanzelkalk, Tyrnaueralm Formation). Eine weite Verbreitung von Tuffiten, Spiliten und pyroklastischen Brekzien ist Ausdruck eines zweiten Höhepunktes des alkalisch-mafischen Vulkanismus, welcher möglicherweise bis ins Frasnium reicht (Zachenspitz Formation).

In der Rannach-Gruppe vertieft sich der Ablagerungsraum ab dem Mitteldevon bis zum Unterkarbon (Steinbergkalk, Sanzenkogel Formation). Das stratigraphisch Handgendste bildet die Dult Formation, die sich als Flachwasserentwicklung ausweist. In der Hochlantsch-Gruppe wird größere Wassertiefe erst ab dem Oberdevon angezeigt (Steinbergkalke, Kalke des Mixnitzer Karbon). Die Sedimentation endet in der Hochlantsch-Gruppe mit oberem Tournai bis Namur B, in der Rannach-Gruppe mit Namur C bis ?Westfal A.

Für die Untersuchung der floristisch-faunistischen Benthosentwicklung im Devon des Grazer Paläozoikum wird zu achten sein, daß die fossilreichen Formationen (Barrandeikalk, Kanzelkogel Kalk – Platzkogel Kalk) der Rannach-„Entwicklung“ durch supra/peritidale Abfolgen („Mitteldevondolomit“) getrennt werden. Das heißt, daß mit einer Neubesiedelung des Raumes (die eine Verschiebung der r- und K-Strategen zur Folge hat) zu rechnen ist. In der Hochlantsch-„Entwicklung“ scheint dieser „Einschnitt“ nicht so markant zu sein, wenngleich die Tyrnaueralm-Formation ebenfalls weite Anteile an frühdiagenetischen Dolomiten in faziell ähnlicher Ausprägung wie die „Mitteldevondolomite“ beinhaltet.

Ein auf Literaturdaten basierender Diversitätsvergleich der in Betracht kommenden Formationen (exklusive der Platzkogelkalke), ausgedrückt als Gattungen/Arten-Verhältnis, ergibt folgendes Bild:

Gattungen/ Artenverhältnis	Barrandeikalk	Kanzelkalk	Tyrnaueralm- Formation	Zachenspitz- Formation
Grünalgen	3/3			
Stromatoporen	9/15	1/1	5/7	1/1
Rugose Korallen	18/21	3/6	16/24	5/7
Tabulate Korallen	11/30	4/10	5/13	4/6
Gastropoden	7/13		1/1	
Bivalven	8/5			
Brachiopoden	28/37	1/1	2/2	

3. Profil Admonterkogel – Kanzelkogel

Das Hangende dieses Profiles (Abb. 1) stellen Barrandeikalke dar, die in der Einsattelung zwischen Admonter- und Kanzelkogel anstehen. Sie werden von Eggenberger Brekzie und Pannonschottern überlagert. Das Liegende des Profiles ist nicht aufgeschlossen. Die Einsattelung repräsentiert auch die markanteste der längs des Straßenprofils erkennbaren NNE-SSW verlaufenden Störungen (vgl. GREINER 1997, SCHAGER 1997) und führt dazu, daß die detaillierte Profilaufnahme in zwei Abschnitte erfolgte:

Profil I: Klettergarten-Einsattelung; Mächtigkeit ca. 400 m

Profil II: Straßenabzweigung Einsattelung-Richtung Kanzelsteinbruch; Mächtigkeit ca. 200 m

Prinzipiell läßt sich das Gesamtprofil in drei Teilbereiche gliedern, wobei der mittlere Bereich durch eine Wechselfolge von weiß bis rosa Dolomiten und bunten Diabastuffiten gekennzeichnet ist. Damit wird die bereits von HERITSCH (1917) erkannte Möglichkeit der Untergliederung der Dolomitsandstein Formation (vgl. FENNINGER & HOLZER 1978) durch die markanten Diabastuffiteinschaltungen auch für den Raum Admonterkogel-Kanzelkogel bestätigt (CLAR 1933).

Die Lagerungsverhältnisse variieren über den gesamten Bereich kaum. Die Schichten verflachen mit 322/28 (Schwerpunktfläche der Gesamt-Daten). Das Störungsmuster wird von mittelsteil nach WSW einfallenden Abschiebungen dominiert. Interne Faltenstrukturen sind selten und weisen flach nach NNE einfallende Faltenachsen auf.

4. Paläomagnetische Untersuchungen

Aus dem Diabastuffithorizont (Taf. 1, Fig. 1, 2) wurden im Sommer 1995 für paläomagnetische Untersuchungen über 50 Bohrkerne gezogen; sie stammen aus den Bänken 58, 72, 76 (Abb. 2) (Profil I) und 132 (Profil II); (FENNINGER & HUBMANN in Vorb.). Im Paläomagnetiklabor des Instituts für Geophysik der Montanuniversität Leoben wurden die Proben schrittweise abmagnetisiert (thermische bzw. Wechselfeld-Reinigung) sowie isothermale Remanenzzerwerbskurven zur Bestimmung der magnetischen Trägerminerale erstellt. Zusätzlich wurde die Anisotropie der magnetischen Suszeptibilität als Indikator für die Gesteinstextur analysiert.

In allen untersuchten Gesteinen wurden Mehrkomponenten-Magnetisierungen beobachtet, wobei den blaugrauen Tuffiten die größte Aussagekraft zukommt, da diese Probengruppe als einzige auch eine paläozoische Remanenzrichtung zeigt, die als primäre Richtung interpretiert werden kann. Die heutige Erdmagnetfeldrichtung wurde als Verwitterungskomponente in allen Tuffitproben sowie in den rosa Dolomiten beobachtet und durch thermische Reinigung isoliert. Sie wird von Goethit mit Blockierungstempe-

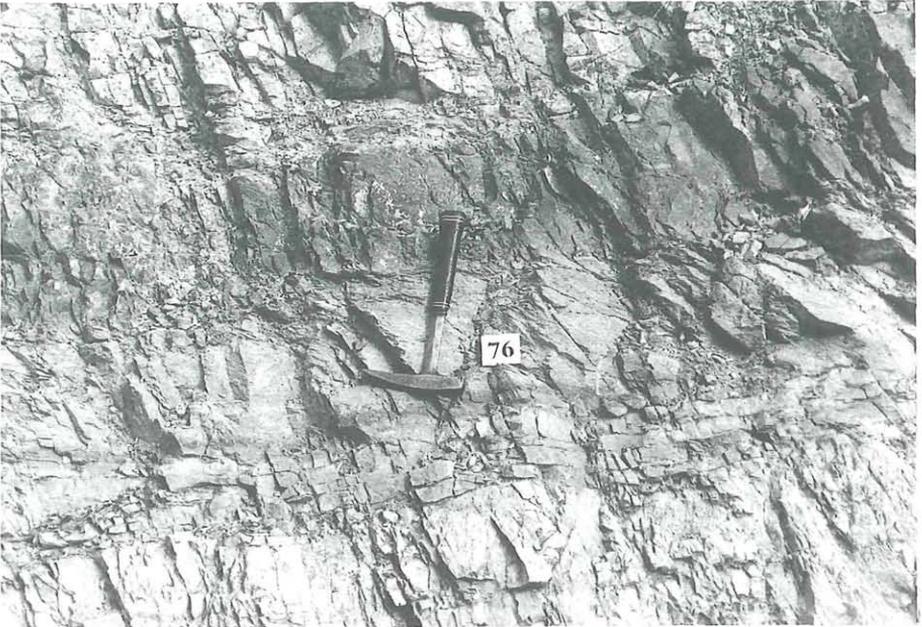


Fig. 1: Aufschlußdetail mit Wechsellagerung von weißen und rosa Dolomiten mit blaugrauen, grauen und violetten Tuffiten.
Detail of the investigated outcrop. Alternation of white and pink dolostones with bluish-gray, gray and dusky-red pyroclasts.

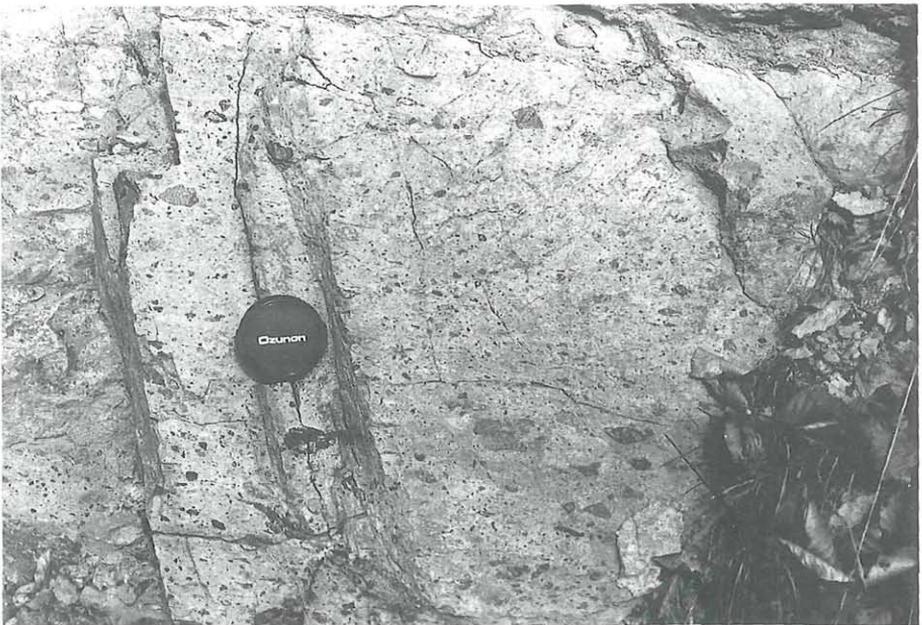


Fig. 2: Detail aus einer Tuffitlage.
Detail of pyroclastic layer.

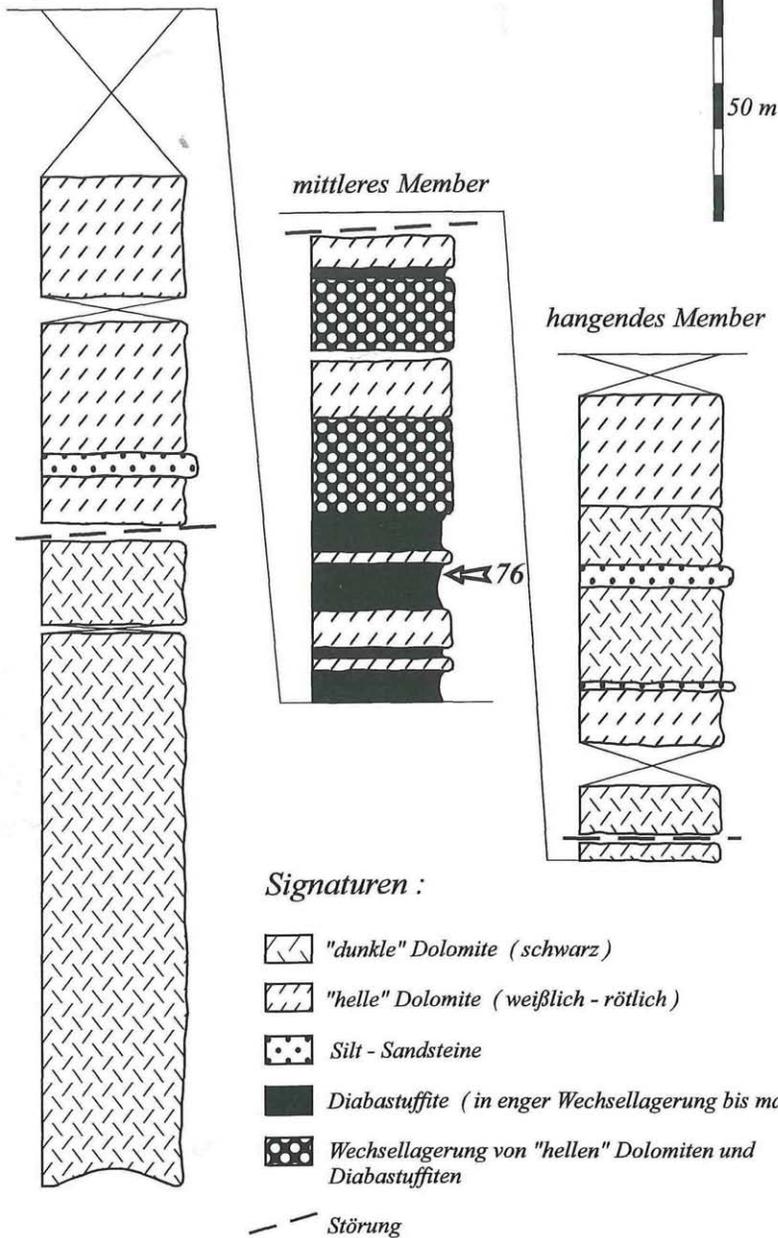


Abb. 1: Profil durch die Dolomitesandstein Formation entlang des Forstaufschließungsweges am Westhang des Admonterkogel-Kanzelkogelzuges, nördlich von Graz. (ÖK 164 Graz, Profilerstreckung: 47°6'54"N/15°23'35"E. Gr. bis 47°6'58"N/15°22'51"E Gr.).
 Section of the Dolomitesandstone Formation along the roadcut on the western slope of the Kanzel- and Admonterhill north of Graz. (Austrian map sheet ÖK 164 Graz, Profile extension: 47°6'54"N/15°23'35"E. Gr. to 47°6'58"N/15°22'51"E Gr.).

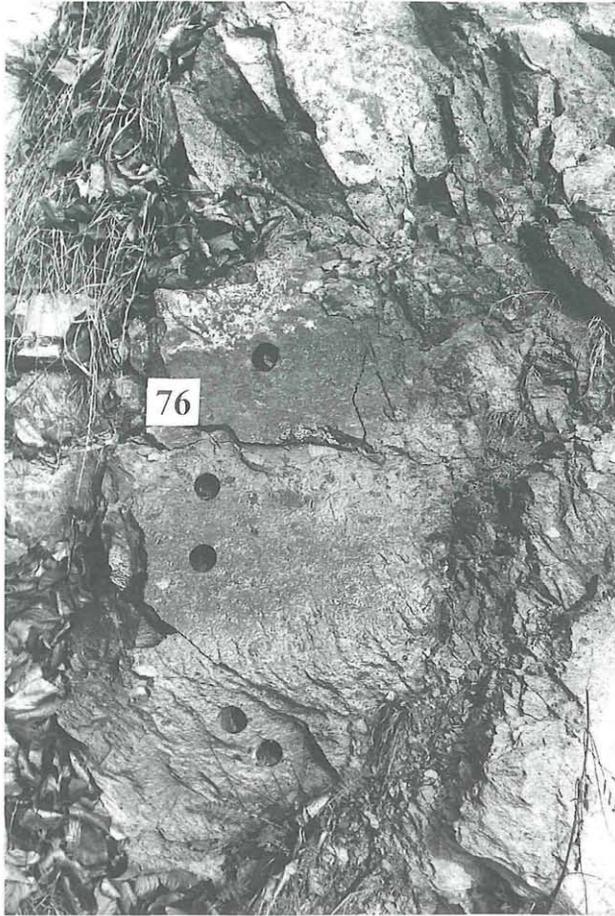


Abb. 2: Tuffitbank, Bildausschnitt 45 cm (Nr. 76; vgl. Abb. 1)
Pyroclastic layer, pictural detail 45 cm (nr. 76; cf. Fig. 1)

raturen zwischen 70°C und 150°C getragen und umfasst in Proben aus dem Profil I maximal 20%, in den stärker verwitterten hellbraunen Tuffiten aus dem Profil II bis zu 70% der natürlichen remanenten Magnetisierung (Abb. 3).

Eine weitere sekundäre Komponente tritt, an unterschiedliche magnetische Mineralphasen gebunden, in allen untersuchten Gesteinen mit Ausnahme der blaugrauen Tuffite auf. Bis zu 65% der Gesamtintensität sind an Magnetit gebunden, wobei Variationen der Zusammensetzung und Korngrößen ein Spektrum von Blockierungstemperaturen zwischen 520°C und 560°C bedingen. Daneben wurde auch Hämatit mit Blockierungstemperaturen zwischen 600°C und 650°C und 0.4 T bis 0.6 T Koerzitivremanenz identifiziert. Die einheitlichen mittleren Inklinationen nach der Schichtflächenkorrektur mit $\text{Inc} = 57^{\circ}$ für die rosa Dolomite sowie $\text{Inc} = 54^{\circ}$ bis 64° für verschiedene Gruppen von Tuffiten lassen auf ein gemeinsames Magnetisierungsereignis im Miozän schließen (Abb. 3, 4). Für silurische Basalte im Haritzgraben und in Eggenfeld wurde von BURG-SCHWAIGER & al. (1996) in zwei verschiedenen Probennahmebereichen eine vergleichbare mittlere Remanenzrichtung mit $\text{Dec} = 48^{\circ}$ / $\text{Inc} = 61^{\circ}$ festgestellt, die ebenso als miozäne Überprägung mit nachfolgender Rotation im Uhrzeigersinn interpretiert wurde.

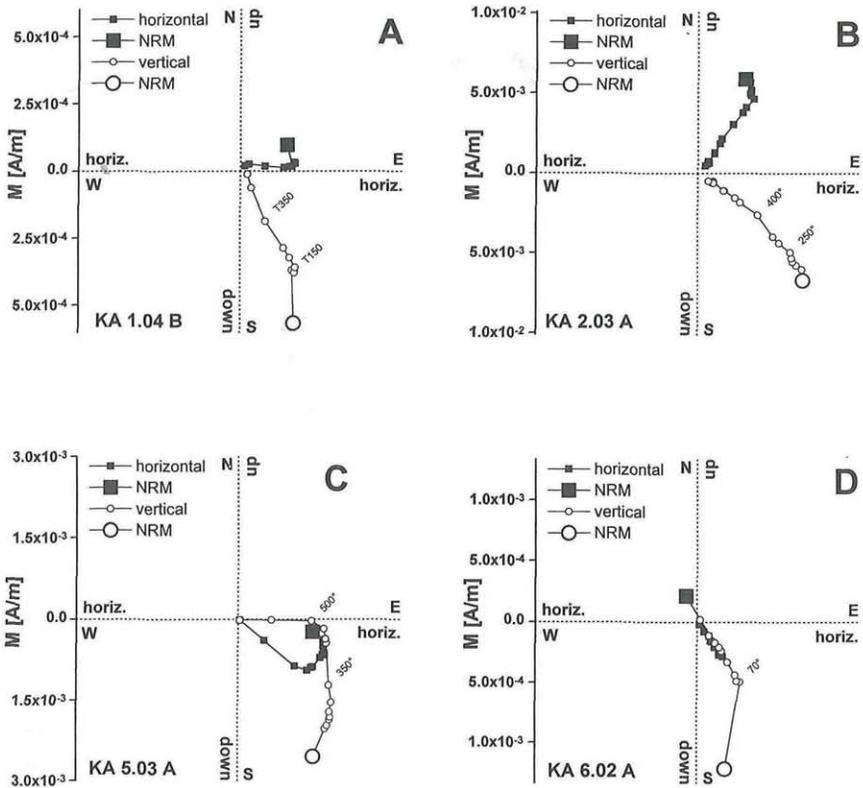


Abb. 3: Vektordiagramme der thermischen Abmagnetisierung nach ZIJDERFELD (1967), modifiziert, für Proben aus dem Profil Admonterkogel–Kanzelkogel nach Schichtflächenkorrektur. Quadrate entsprechen der Projektion des Vektors in die Horizontalebene (Deklination), Kreise für die Vertikalebene (Inklination). Temperaturangaben ausgewählter Abmagnetisierungsschritte in ° C. (A) Proben aus den rosa Dolomiten zeigen zwei Magnetisierungskomponenten. Eine von Goethit getragene Verwitterungskomponente in Richtung des heutigen Erdmagnetfeldes wird nach dem ersten Reinigungsschritt (70° C) isoliert. Magnetit ist Träger der restlichen Remanenz, deren steile Inklination auf ein miozänes Überprägungsereignis hinweist. (B) In den grauen Tuffiten wird Goethit bei 150° C vollständig abmagnetisiert, die sekundäre Magnetit-Komponente zeigt eine Blockierungstemperatur von 530° C. (C) Die blaugrauen Tuffite zeigen eine Hochtemperatur-Komponente mit flacher Inklination und Magnetit als Trägermineral. (D) Die Magnetisierung der hellbraunen Tuffite aus dem Profil II wird hauptsächlich von einer Goethit-Komponente (70° C Blockierungstemperatur), und einer sekundären Magnetit-Komponente (70° C–530° C) wie in (A) und (B) getragen.

Thermal demagnetization diagrams after ZIJDERFELD (1967), modified, of samples from the Admonterkogel – Kanzelkogel section. Squares and circles represent horizontal (declination) and vertical projection (inclination) of remanence after tilt correction. Numbers in diagrams denote demagnetisation steps in ° C. (A) Two components of magnetisation are present in the dolomite samples. A present earth magnetic field overprint component, carried by goethite, is removed after the first cleaning step of 70° C. The remaining magnetisation is carried by magnetite. The steep inclination gives rise for a Miocene overprint. (B) In the grey tuffs, the goethite (weathering) component is removed after 150° C, while the magnetite (Miocene) component unblocks at 530° C. (C) The blue-grey tuffs show a high temperature component with a shallow vector, which is carried by magnetite. (D) Most of the NRM is carried by a goethite component (70° C unblocking temperature) in the light-brown tuffs of profile II. The inclination of the secondary magnetite vector (70°–530° C) is similar to the one in (A) and (B).

Die blaugrauen Tuffite zeigen eine einheitliche, von Magnetit mit Blockierungstemperaturen zwischen 530° und 575° getragene Remanenzkomponente, die mit einer mittleren Richtung von $\text{Dec} = 125^{\circ} / \text{Inc} = -18^{\circ}$ im geographischen Koordinatensystem, bzw. $\text{Dec} = 128^{\circ} / \text{Inc} = 2^{\circ}$ nach der Schichtflächenkorrektur als paläozoische Primärri- chung interpretiert wird (Abb. 4). Aus der Inklination errechnet sich eine Paläobreite von 1° südlicher Breite.

Messungen der Anisotropie der magnetischen Suszeptibilität ergaben isotrope Gefüge in den rosa Dolomiten (Profil I) sowie den Tuffiten aus dem Profil II, bzw. schwach oblate Gefüge mit mittelsteil bis steil nach NNE einfallenden Foliationsebenen in Tuffiten aus dem Profil I. Eine Beeinflussung der Remanenzrichtungen durch die magnetische Textur, wie z.B. ein plättungsbedingter Inklinationsfehler, ist wegen der schwachen Anisotropiefaktoren auszuschließen.

5. Diskussion

Erste paläomagnetische Untersuchungen aus dem Grazer Paläozoikum gehen auf FLÜGEL & al. 1980 zurück. Proben aus 65 Aufschlüssen silurischer und devonischer Gesteine (Dolomitsandstein Formation, 'dunkelgrau-schwarze Gesteine bei St. Pankrazen', Diabase der Platte und des Hochtrötsch, NW Graz), sowie Diabase und devonische Kalke südlich von Graz (Remschnig, Poßruck) bilden die Basis der Untersuchungen. Sie

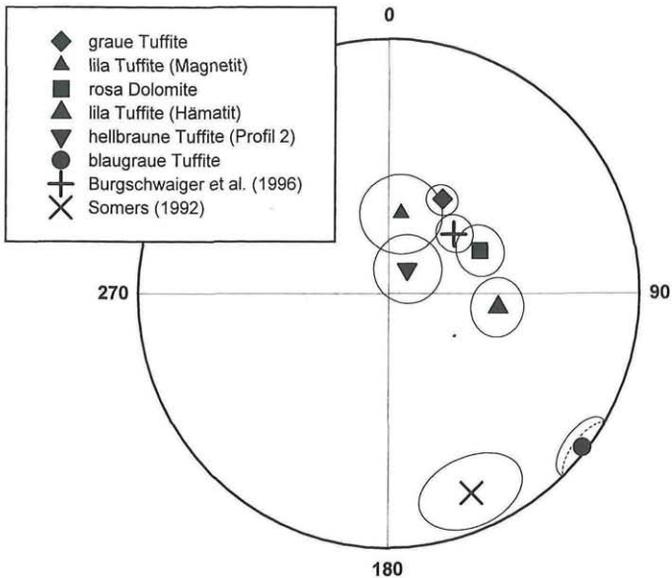


Abb. 4: Mittlere Remanenzrichtungen mit $\alpha 95$ -Vertrauenskegeln nach FISHER (1953) für verschiedene Probengruppen aus dem Profil Admonterkogel–Kanzelkogel nach der Schichtflächenkorrektur. Lambertsche Projektion. Alle untersuchten Gesteine mit Ausnahme der blaugrauen Tuffite zeigen Richtungen, die einer miozänen Überprägung (BURGSCHWAIGER & al. 1996) zugeordnet werden können.

Group mean directions of remanence with $\alpha 95$ -confidence circles after FISHER (1953) for different lithologies from the Admonterkogel–Kanzelkogel section after tilt correction. Equal area projection, lower Hemisphere. Except the blue-grey tuffs, all other rocks under investigation show directions similar to the Miocene overprint direction, as presented by BURGSCHWAIGER & al. (1996).

zeigen, daß südlich von Graz eine relativ einheitliche Richtung der Magnetisierung feststellbar war, wohingegen die Werte aus dem nördlichen Bereich des Grazer Paläozoikum erheblich streuen (unterschiedliche Metamorphose!). Zum anderen wurde erkannt, daß es sich um keine Devonrichtung handelt, was mit einer „variszischen Formung“ in Zusammenhang gebracht wurde. HASENHÜTTL 1994, HASENHÜTTL & HUBMANN 1995, HUBMANN & HASENHÜTTL 1995 weisen darauf hin, daß im Grazer Paläozoikum ein maßgeblicher thermischer Höhepunkt vor der Deckenstapelung eingetreten sein muß und die thermische Prägung des Grazer Paläozoikums somit zu variszischen Zeiten erfolgte.

1992 wurden von SOMERS im Raum St. Pankrazen (Straßenprofil Hidner–Enzianhof) im Platzkogelkalk (vgl. FLÜGEL & NEUBAUER 1984 cum lit.) und seinen Spaltenfüllungen und den Dolomiten der Dolomitsandstein Formation paläomagnetische Untersuchungen (vgl. SOMERS 1992: 60) durchgeführt. Die zeitliche Einstufung der untersuchten Proben umfaßt damit einen Bereich von (?)Siegenium bis zum untersten Givetium, einen Zeitraum von etwa 20 Mio. Jahren.

Wie bei den vorangegangenen Untersuchungen erwies sich auch bei SOMERS 1992 Magnetit (mit Ausnahme der Spaltenfüllungen, Hämatit) als Träger der natürlichen remanenten Magnetisierung. Aus diesem Datenpool wurde eine mittlere Deklination und Inklination ermittelt. Aus der Inklination (16,3°) errechnet sich eine Paläobreite von 8,3° südlicher Breite. SOMERS weist darauf hin, daß die untersuchten „Gesteinsgruppen“ lediglich in den Zeitraum Devon bis Karbon eingestuft werden können. Auf alle Fälle wird die Äquatornähe des Ablagerungsraumes der Sedimente bestätigt. Dafür sprechen auch Lithologie und Mikrofazies (inklusive Fauna und Flora) der bearbeiteten Gesteine (EBNER & al. 1979, 1980a,b, FENNINGER & HOLZER 1978, FLÜGEL 1961, 1975).

Eine Zusammenfassung aller paläomagnetischer Daten von Gondwana zeigt ein komplexes paläogeographisches Szenario: nach einer Norddrift im Ordovizium und Silur bei der der Nordrand von Gondwana eine Position bei ca 10° südlicher Breite erreicht, folgt eine Süddrift im Devon mit Driftgeschwindigkeiten von bis zu 10 cm pro Jahr (BACHTADSE & BRIDEN 1990). Die Paläobreitendaten von SOMERS 1992 mit 8,3° südlicher Breite und das hier vorgestellte Datum mit 1° südlicher Breite für die (?)emsischen Diabastuffite der Dolomitsandstein Formation, scheinen das Eigenleben von Mikroplatten (SOFFEL 1991) zu bestätigen, da im Emsium der Nordrand von Gondwana infolge der kontinuierlichen Süddrift bereits eine weitaus südlichere Breite erreicht hat (BACHTADSE & BRIDEN 1990, SCOTESE & BARRET 1990, VAN DER VOO 1993, ZIEGLER 1989). Es muß hier jedoch betont werden, daß die wenigen bisher aus dem Grazer Paläozoikum bekannten paläomagnetischen Primärrichtungen noch keine allgemeingültigen und weiterführenden Aussagen erlauben, wenngleich sie mit Ergebnissen von KENT & VAN DER VOO 1990 und VAN DER VOO 1993 gut übereinstimmen.

Dank

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des IGCP-Projektes 335 durchgeführt. Die paläomagnetischen Ergebnisse wurden im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut für Geophysik der Montanuniversität Leoben erarbeitet (MOSER 1997). Für die Mithilfe bei den Profilaufnahmen sei Frau Mag. M. SCHAGER und den Herrn Mag. R. BAUER und Mag. D. GREINER gedankt.

Literatur

BACHTADSE, V. & BRIDEN, J. C. 1990: Palaeomagnetic constraints on the position of Gondwana during Ordovician to Devonian times. – In: MCKERROW, W. S. & SCOTESE, C. R. (Hrsg.): *Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography*. – Geol. Soc. Mem. 12: 43–48.

- © Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
- BURGSCHWAIGER, E., MAURITSCH, H. J., BIERBAUMER, M. & SCHOLGER, R. 1996: Miocene Overprint in the Paleozoic of Graz, Eastern Alps, Austria. – *Geologica Carpathica* 47: 5–12.
- BOUCOT, A. J. 1990: Silurian and pre-Upper Devonian bio-events. – *Lecture Notes in Earth Sci.* 30: 125–132.
- CLAR, E. 1933: Der Bau des Gebietes der Hohen Rannach bei Graz. – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark* 70: 24–47, geol. Karte, 2 Beil.
- EBNER, F., FENNINGER, A. & HOLZER, H.-L. 1979: Die Schichtfolge im Übergangsbereich Rannach-Fazies/Hochlantsch-Fazies (Grazer Paläozoikum im Raume St. Pankrazen/Großstübing. – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark* 109: 85–95.
- EBNER, F., FENNINGER, A. & HOLZER, H.-L. 1980a: Die Rannach-Fazies des Grazer Paläozoikums. – *Mitt. Abt. Geol. Bergb. Landesmus. Joanneum* 41: 49–65.
- EBNER, F., FENNINGER, A. & HOLZER, H.-L. 1980b: Führer zu ausgewählten Profilen in der Rannach-Fazies des Grazer Paläozoikums. – *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum* 41: 93–105.
- FENNINGER, A. & HUBMANN, B. (in Vorb.): Mikrofazielle und petrographische Untersuchungen ausgewählter Dolomitprofile des Grazer Paläozoikum.
- FENNINGER, A. & HOLZER, H.-L. 1978: Die Genese der Dolomitsandstein-Folge des Grazer Paläozoikums. – *Mitt. österr. Geol. Ges.* 69/1976: 109–162.
- FISHER, R. A. 1953: Dispersion on a sphere. – *Proc. R. Soc., Ser A* 217: 295–305.
- FLÜGEL, H. 1961: Die Geologie des Grazer Berglandes. – *Mitt. Mus. Bergb. Geol. Technik, Landesmus. Joanneum* 23: 1963, 5–212.
- FLÜGEL, H. 1975: Die Geologie des Grazer Berglandes. – 2. Aufl., *Mitt. Abt. Geol. Joanneum, Sh.*, 1, 288 S.
- FLÜGEL, H. W. & HUBMANN, B. 1993: Paläontologie und Plattentektonik am Beispiel proto- und paläotethyder Korallenfaunen. – *Jb. Geol. B.-Anst.* 136/1: 27–37.
- FLÜGEL, H. W. & NEUBAUER, F. 1984: Erläuterungen zur geologischen Karte der Steiermark 1:200.000. – 127 S., Wien, Geol. Bundesanst.
- FLÜGEL, H. W., MAURITSCH, H. J. & FRANK, W. 1980: Paläomagnetische und radiometrische Daten aus dem Grazer Paläozoikum. – *Mitt. österr. Geol. Ges.* 71/72: 201–211.
- FRITZ, H., EBNER, F. & NEUBAUER, F. 1992: The Graz Thrust-Complex (Paleozoic of Graz). – In: NEUBAUER, F. (Hrsg.): *The Eastern Central Alps of Austria, ALCAPA-Field Guide, IGP/KFU Graz*, 83–92, Graz.
- FRITZ, H. & NEUBAUER, F. 1988: Geodynamic aspects of the Silurian and Early Devonian Sedimentation in the Paleozoic of Graz (Eastern Alps). – *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.* 68: 359–367.
- FRITZ, H. & NEUBAUER, F. 1990: „Grazer Paläozoikum“. – *Exk.-Führer, TSK III, 3. Symp. Tektonik, Strukturgeol. Kristallineol.*, 24 S., Graz.
- GREINER, D. 1997: Erfassung und Erkundung von Verdachtsflächen, sowie geochemische-physikalische Untersuchungen an einem Beispiel im Raum Graz-Nord. – *Unveröff. Dipl.-Arb. K.-F.-Univ. Graz*, 109 S.
- HASENHÜTTL, C. 1994: Eine Wärmegeschichte des Grazer Berglandes. Inkohlung, Illitkristallinität, Tonmineralogie und Conodont Colour Alteration Index im nördlichen Teil des Grazer Deckenkomplex (Grazer Paläozoikum). – *Unveröff. Diss. K.-F.-Univ. Graz*, 182 S.
- HASENHÜTTL, C. & HUBMANN, B. 1995: Devonian shallow marine environments of the Graz Palaeozoic affected by rifting. – *Publ. Serv. Géol. Luxembourg* 29: 52–54.
- HECKEL, P. H. & WITZKE, B. J. 1979: Devonian world paleogeography determined from distribution of carbonates and related paleoclimatic indicators. – *Spec. Pap. Paleont.* 23: 99–123, 8 Abb.
- HERITSCH, F. 1917: Untersuchungen zur Geologie des Paläozoikums von Graz. 2. Teil. Die geologische Stellung der Schichten mit *Heliolites Barrandeii* in der Umgebung von Graz (mit Ausschluss des Hochlantschgebietes). – *Denkschr. österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl.* 94: 53–112.
- HERMANN, R. & HUBMANN, B. 1994: Devonian Udoteacean Green Algae from the Cantabrian Mountains (Santa Lucía Formation), NW-Spain. – *Rev. Española Paleont.* 9/2: 195–202.
- HUBMANN, B. 1992a: Remarks on the Biogeographical Relationship of the Graz Palaeozoic. – *ALCAPA-Field Guide, IGP/KFU Graz*, 93–95, Graz.
- HUBMANN, B. 1992b: Middle Devonian Biogeographical Puzzle. – *Terra abstracts*, 2/4, S. 33, Oxford, etc.
- HUBMANN, B. 1993: Ablagerungsraum, Mikrofazies und Paläoökologie der Barrandeikalk-Formation (Eifelium) des Grazer Paläozoikums. – *Jb. Geol. B.-Anst.* 136(2): 393–461.
- HUBMANN, B. & HASENHÜTTL, C. 1995: Zur Entwicklung der hohen Deckengruppe des Grazer Paläozoikums. Exkursionspunkte zu ausgewählten Profilen. – *Exkursionsführer zur 2. Tagung Österr. Paläont. Ges.*, 1–43, Graz.
- KENT, D. V. & VAN DER VOO, R. 1990: Palaeozoic palaeogeography from palaeomagnetism of the Atlantic-bordering continents. – In: MCKERROW, W. S. & SCOTSESE, C. R. (Hrsg.): *Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography*. – *Geol. Soc. Mem.* 12: 43–48.

- KOLMER, H. 1978: Die Verteilung von Ti, Sr, Y und Zr in spilitschen Gesteinen der Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 108: 31–43.
- MOSER, B. 1997: Untersuchungen junger Rotationen in der tertiären Überlagerung des Grazer Paläozoikums im nördlichen Bereich von Graz. – Unveröff. Dipl. Arb. Montanuniversität, Leoben.
- LOESCHKE, J. 1989: Lower Paleozoic volcanism of the Eastern Alps and its geodynamic implications. – Geol. Rdsch., 78(2): 599–616.
- OTT, J. 1988: Meereskunde. Einführung in die Geographie und Biologie der Ozeane. – 386 S., E. Ulmer, Stuttgart.
- SCHAGER, M. 1997: Erfassung und Erkundung atlastenverdächtiger Flächen im Raum Graz/Nord mit Hilfe multitemporaler Luftbilddauswertung sowie orientierende Untersuchungen an einer ausgewählten Altlast (Steiermark). – Unveröff. Dipl. Arb. K.-F.-Univ. Graz, 124 S. + I–IV, 2 Beil.
- SCHLANGER, S. O. 1981: Shallow-water limestones in oceanic basins as tectonic and paleoceanographic indicators. – In: WARME, J. E., DOUGLAS, R. G. & WINTERER, E. L. (Hrsg.): The deep sea drilling project: a decade of progress. – Soc. Econ. Pal. Min., Spec. Publ. 32: 209–226.
- SCHÖNLAUB, H.-P. 1992: Stratigraphy, Biogeography and Paleoclimatology of the Alpine Paleozoic and its Implications for Plate Movements. – Jb. Geol. B.-A., 135(1): 381–418.
- SCOTESE, C. R. & BARRET, S. F. 1990: Gondwana's movement over the South Pole during the Palaeozoic: evidence from lithological indicators of climate. – In: MCKERROW, W. S. & SCOTESE, C. R. (Hrsg.): Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography. – Geol. Soc. Mem. 12: 75–85.
- SOFFEL, H. C. 1991: Paläomagnetismus und Archäomagnetismus. – VI + 276 S., 219 Abb., Berlin etc. (Springer).
- SOMERS, R. 1992: Zur Kenntnis der Gosau und des Paläozoikums NE St. Pankrazen (Steiermark) – Mikrofazielle und paläomagnetische Untersuchungen. – Unveröff. Dipl. Arb. K.-F.-Univ. Graz, 77 S.
- VAN DER VOO, R. 1993: Paleomagnetism of the Atlantic, Tethys and Iapetus Oceans. – IX + 411 S., Univ. Press, Cambridge.
- WEBER, L. 1990: Die Blei-Zinklagerstätten des Grazer Paläozoikum und ihr geologischer Rahmen. – Archiv f. Lagerstättenforschung Geol. B.-A., 12, 289 S.
- ZIEGLER, P. A. 1989: Evolution of Laurussia – A study in Late Palaeozoic plate tectonics. – 102 S., Kluwer Acad. Publ., Dordrecht-Boston-London.
- ZIJDERFELD, J. D. A. 1967: A.C. demagnetization of rocks: analysis of results. – In: COLLINSON, D. W., CREER, K. M. & RUNCORN, S. K. (Hrsg.): Methods in palaeomagnetism. – Elsevier, Amsterdam.

Anschriften der Autoren: Univ.-Prof. Dr. Alois FENNINGER und Univ.-Doz. Dr. Bernhard HUBMANN, Institut für Geologie und Paläontologie der Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8010 Graz;
Dipl.-Ing. Birgit MOSER und Dr. Robert SCHOLGER, Institut für Geophysik, Montanuniversität Leoben, Franz-Josef-Straße 18, A-8700 Leoben.