

Paläomagnetische Untersuchungen im Steirischen Tertiärbecken am Beispiel des Tagebaues Oberdorf

Robert SCHOLGER & Hermann J. MAURITSCH

Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle

1. Einleitung

Die Autoren danken den Herausgebern dieses Festbandes zu einem Beitrag eingeladen worden zu sein. Mit Univ.-Prof.Dr. Walter GRÄF wird ein Kollege geehrt, der für die steirischen Geowissenschaften in den verschiedensten Disziplinen wesentliche Impulse gesetzt hat. Die folgende Arbeit ist als kleiner Beitrag zur Dankadresse an Herrn Professor Gräf zu verstehen.

Paläomagnetische Methoden ermöglichen Aussagen über das Erdmagnetfeld in der geologischen Vergangenheit, die für verschiedene Teilgebiete der Geowissenschaften wertvolle zusätzliche Informationen liefern (Tektonik, Stratigraphie, Altersbestimmungen, etc.). Mit Hilfe der remanenten Magnetisierung von Gesteinen ist es möglich, die Parameter des Erdmagnetfeldes (Intensität und Richtung) zu erforschen, weil diese in Gesteinen über geologische Zeiträume hinweg zumindest partiell erhalten bleiben (SOFFEL, 1991). Darüber hinaus können mineralmagnetische Parameter von Sedimentgesteinen Hinweise auf die Ablagerungsbedingungen geben und einen Beitrag zur Rekonstruktion des Paläoklimas leisten. Als Bindeglied zwischen Biostratigraphie, Isotopenstratigraphie und absoluten Altersdatierungen stellt die Magnetostratigraphie ein zentrales Element für die Konstruktion der Zeitskalen des Mesozoikums und Känozoikums dar (OPDYKE & CHANNEL, 1996). Polaritätswechsel des Erdmagnetfeldes sind weltweit beobachtbare Erscheinungen, die zur Korrelation von Gesteinsserien und zur Altersdatierung eingesetzt werden. Im Rahmen einer multidisziplinären Studie über das Köflach-Voitsberger Kohlerevier, Steiermark, Österreich wurden in Oberdorf paläomagnetische Untersuchungen durchgeführt (Abb. 1).

2. Entstehung und Analyse remanenter Magnetisierung in Sedimenten

Eisenoxyd-Mineralen sind in nahezu allen Gesteinen in Spurenkonzentrationen enthalten. Diese Mineralphasen besitzen eine natürliche remanente Magnetisierung (NRM), die mit den Möglichkeiten moderner hochempfindlicher Magnetometer nachgewiesen werden kann. Je nach geologischen Rahmenbedingungen führen verschiedene physikalische und chemische Prozesse zur Entstehung der NRM. Bei der Sedimentation von magnetischen Teilchen in Gewässern wird die grobkörnige Fraktion sofort nach ihrer Einregelung im Sediment mechanisch fixiert. Die magnetischen Momente kugelförmiger Teilchen sind im Mittel in Richtung des Erdmagnetfeldes eingeregelt. Elongierte oder abgeplattete Teilchen legen sich flach auf der Sedimentationsbasis auf und verfälschen somit die paläomagnetische Inklination. Die Sedimentationsremanenz ist daher weitgehend parallel zum Erdmagnetfeld, mit einem im allgemeinen vernachlässigbaren Inklinationsfehler. Die feinkörnige Fraktion bleibt im Porenraum durch thermische Agitation und durch Wasserzirkulation mobil bis zur diagenetischen Verfestigung des Sediments. Wenige Zentimeter unterhalb der Sediment-Wasser Grenzfläche werden mit der Schließung des Porenraumes auch diese Mineralphasen und ihr magnetisches Moment mechanisch blockiert. Die resultierende Postsedimentationsremanenz ist somit stets jünger und zeigt im Gegensatz zur Sedimentationsremanenz keinen Inklinationsfehler (SOFFEL, 1991).

Physikalische, chemische und biologische Prozesse (z.B.: Kompaktion, Verwitterung, Bioturbation) können die existierende NRM verändern oder zur Entstehung weiterer Remanenzkomponenten führen. In der Regel besteht die NRM aus einer primären Komponente, die bei bzw. unmittelbar nach der Sedimentablagerung aufgeprägt wurde, sowie nachfolgend aufgenommenen sekundären Komponenten. Mit paläomagnetischen Laborverfahren können solche Komponenten isoliert werden (COLLINSON, 1983). Orientierte Proben werden schrittweise abmagnetisiert, indem sie zunehmend stärkeren magnetischen Wechselfeldern oder Temperaturen ausgesetzt werden, wobei nach jedem Reinigungsschritt die verbleibende NRM gemessen wird. Entsprechende magnetische Abschirmungen verhindern die Entstehung von Remanenzkomponenten unter dem Einfluß des Laborfeldes während der Abmagnetisierung.

Das Abmagnetisierungsverhalten gibt Hinweise auf die magnetischen Trägerminerale und ermöglicht gegebenenfalls die Trennung primärer fossiler Magnetisierungsrichtungen von sekundären Magnetisierungen, die durch magnetische Überprägung und Verwitterung entstehen. Remanente Magnetisierungen sind über geologische Zeiträume fossil erhaltungsfähig, während viskose Magnetisierungen in Abhängigkeit von der Einwirkungsdauer und der

Stärke eines äußeren Magnetfeldes in relativ kurzer Zeit abgebaut oder aufgenommen werden. Dementsprechend sind viskose Remanenzen in natürlichen Gesteinen meist sehr junge Magnetisierungen, die bestimmte Mineralumwandlungen durch Verwitterung anzeigen. Diese Vektoren sind im Normalfall parallel zum rezenten Erdmagnetfeld ausgerichtet.

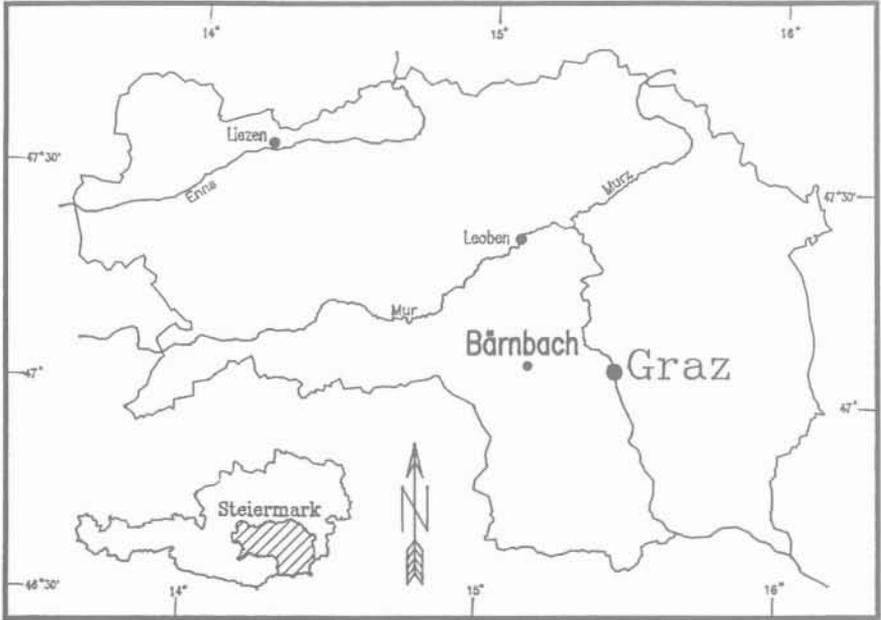


Abb. 1: Lageplan des Meßgebietes

3. Untersuchungsmethodik

Die Probennahme für paläomagnetische Laboranalysen erfolgte unter Verwendung von zylindrischen Kunststoffhülsen (2.2 cm Höhe, 2.5 cm Durchmesser), die von Hand bzw. durch Hammerschlag in einem Messingstempel in das Sediment gedrückt wurden. Die Raumlage wurde mittels Orientierungstisch nach paläomagnetischen Routineverfahren eingemessen (TARLING, 1983). Einige Probengruppen in stärker verfestigten Sedimenten wurden mit Diamantbohrkronen (2.5 cm Durchmesser) gebohrt. Die Proben wurden in luftdichten Kunststoffbehältern bis zur Weiterbehandlung und Messung gekühlt gelagert.

Im Paläomagnetiklabor Gams/Frohnleiten des Institutes für Geophysik der Montanuniversität Leoben wurde an allen Proben die natürliche remanente Magnetisierung gemessen und im Wechselfeld schrittweise abmagnetisiert sowie die magnetische Volumenssuszeptibilität bestimmt (SOFFEL, 1991). An

ausgewählten Proben wurden nachfolgend die Anisotropie der magnetischen Suszeptibilität, magnetisches Sättigungsverhalten oder Viskosität untersucht. Für die Messungen wurden eine Kappabridge KLY-2 und ein Cryogen-Magnetometer 2G eingesetzt. Als Bezugswert für die weiteren Untersuchungen wurde die Richtung der natürlichen remanenten Magnetisierung an den noch unbehandelten Proben gemessen. Anschließend erfolgte eine schrittweise Abmagnetisierung im Wechselfeld (COLLINSON, 1983). Das zuverlässigere magnetische Reinigungsverfahren, die thermische Abmagnetisierung, konnte nur an wenigen Proben angewendet werden, da die meisten Proben nach wenigen Temperaturschritten zerfielen. Zur Identifizierung der Verwitterungsminerale und des Alters der Mineralumwandlung und Remanenzaufprägung wurden in einer Versuchsanordnung nach DUNLOP (1973) abmagnetisierte Proben im Erdmagnetfeld im Labor ausgerichtet und die Aufprägung viskoser Remanenz über einen längeren Zeitraum verfolgt. Zur Bestimmung der magnetischen Trägerminerale in den Sedimenten wurden magnetische Sättigungen, Koerzitivfeldstärke-Bestimmungen und Abmagnetisierungen der Sättigungsintensität vorgenommen. Die Sättigung der Proben erfolgte schrittweise mit einem Sättigungsmagnet bis maximal 1.45 Tesla (25.000-faches Erdmagnetfeld) bei Raumtemperatur. Für die Messung der Koerzitivfeldstärke wurden die Proben anschließend in der entgegengesetzten Richtung schrittweise magnetisiert, bis die Remanenz vollständig abgebaut war.

4. Ergebnisse

Aus dem Tagebau Oberdorf wurden zur Klärung der tektonischen Bewegungen und der Homogenität der magnetischen Eigenschaften innerhalb des Arbeitsgebietes 13 Probengruppen, aus dem Tagebau Zangtal / Muttekogel 3 Probengruppen und 1 Probengruppe aus dem Tagebau Barbarapfeiler beprobt. Jede Probengruppe umfaßt mindestens 6 Einzelproben, um die statistische Bearbeitung der paläomagnetischen Meßergebnisse zu gewährleisten (FISHER, 1953).

Der von der GKB im Mai 1991 gezogene Bohrkern BK22 (Koordinaten nach BMN: HW: 216033.00, RW: 659951.00, Seehöhe: 519.33m, Teufe: 100m) wurde für magnetostratigraphische Untersuchungen im Bohrkernlager beprobt. Aus früheren petrophysikalischen Untersuchungen (Lenz & Bernhard, 1993) geht hervor, daß die Bohrkern BK20-BK24 und BK32 über magnetische Suszeptibilitätsanomalien und Lithologie vollständig korrelierbar sind und repräsentative Profile für den nördlichen Muldenbereich darstellen. Es wurden ca. 300 Proben aus grauen und braunen Tegeln in Kunststoffzylindern, sowie einige Kohle-Handstücke mit Orientierung in Bezug auf die Bohrkernachse entnommen. Die dem Hauptflözbereich zwischengelagerten und

die ihn unterlagernden feinkörnigen Sedimente waren häufig desintegriert und daher nicht beprobbar. Verwitterungserscheinungen, wie z.B. Limonitierung, waren am gesamten Bohrkern zu beobachten. Aus den Tagebaubereichen wurden nach entsprechenden Profilverbereitungsarbeiten insgesamt ca. 500 Proben und aus Bohrkernen ca. 350 Proben entnommen. Zusätzlich wurden mehrere Tuffitvorkommen sowie Gosauaufschlüsse in der näheren Umgebung der Kohlegrube untersucht.

Die Sedimente im Untersuchungsraum zeigten allgemein geringe Suszeptibilität und entsprechend schwache Intensität der NRM. Innerhalb des Tagebaues Oberdorf wurden diamagnetische ($-8 \cdot 10^{-6}$ SI), paramagnetische und schwach ferromagnetische ($500 \cdot 10^{-6}$ SI) Bereiche erfaßt. In den Bohrkernen überwogen paramagnetische Suszeptibilitäten mit Werten um $100 \cdot 10^{-6}$ SI, wobei Extremwerte von 300 bis $500 \cdot 10^{-6}$ SI zyklisch auftraten. Das magnetische Gefüge der Proben aus dem Tagebau Oberdorf zeigte keine Beeinflussung durch die postsedimentäre Kompaktion der Beckensedimente.

Der überwiegende Teil des Probenmaterials zeigte komplexe Mehrkomponentensysteme mit teilweise hochviskosen Magnetisierungen, die auf Mineralumwandlungen durch Verwitterung zurückzuführen waren (Abb. 2). Sedimentologische Untersuchungen erwiesen nennenswerte Konzentrationen von Siderit und weitere Verwitterungsminerale in den Sedimenten, die zur Festlegung von Auswahlkriterien für die paläomagnetische Interpretation führte. Die bei der Analyse der natürlichen remanenten Magnetisierung gefundene Variabilität des Probenmaterials bestätigte sich auch bei den Analysen der magnetischen Trägerminerale (Abb. 3). So zeigte die Probe OB 4.04 in allen Experimenten das charakteristische Verhalten von Hämatit: ein stetiger Anstieg der Magnetisierung während des Sättigungsversuches, die sehr hohe Koerzitivfeldstärke von 0.6 Tesla und ein geringer Erfolg der Abmagnetisierung im Wechselfeld. Demgegenüber war z.B. in der Probe OB 8.03 eine sehr rasche Sättigung, geringe Koerzitivfeldstärke und eine erfolgreiche Abmagnetisierung zu beobachten, was auf Titanomagnetit als Trägermineral schließen läßt (Abb. 3).

Alle Proben mit viskosen Magnetisierungskomponenten, die Sideritphasen zugeordnet werden konnten (Hus, 1990), sowie Proben mit geringer Richtungsstabilität bei der Abmagnetisierung bis 10 mT wurden von der Interpretation ausgenommen. Die verbleibenden Proben, die nur einen geringen Teil des zur Verfügung stehenden Materials umfassen, waren zuverlässige paläomagnetische Informationsträger. Weniger als 20% der Proben aus dem Bohrkern BK22 sowie aus dem Bereich Zangtal/Muttekogel erfüllten das Auswahlkriterium. Die verbleibenden Proben aus dem Bohrkern ergaben zusammen mit den Probennahmepunkten aus der Ostmulde eine schlüssige magnetostratigraphische Information. Die Liegendabfolge und der tiefere Teil der Hangendabfolge waren invers magnetisiert,

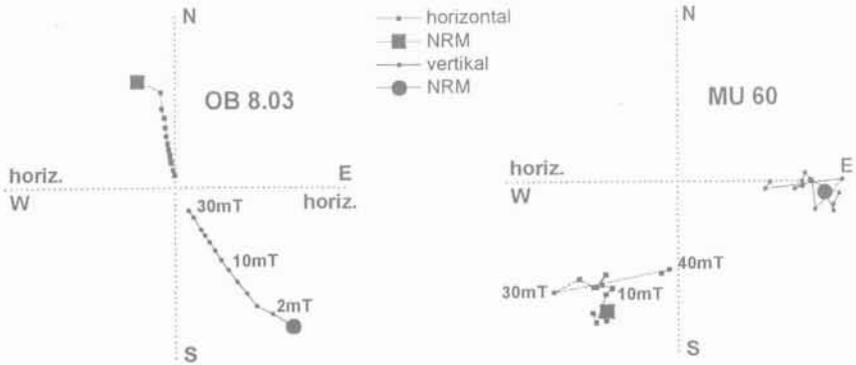


Abb. 2: Vektordiagramme der Wechselfeld-Abmagnetisierung von Proben aus dem Tagebau Oberdorf. Orthogonale Projektion, Schichtflächen-korrigiert. Quadrate und Kreise repräsentieren die horizontale bzw. vertikale Projektion. Probe OB 8.03 zeigte am Beginn der Abmagnetisierung (bis 4 mT) eine viskose Komponente geringer Intensität, gefolgt von einer richtungsstabilen und höher koerzitiven Komponente, die der Primärrichtung entspricht. Proben mit hohem Sideritgehalt (z.B.: MU 60) waren durch hochviskose irreguläre Magnetisierungsvektoren charakterisiert und für paläomagnetische Interpretationen nicht geeignet.

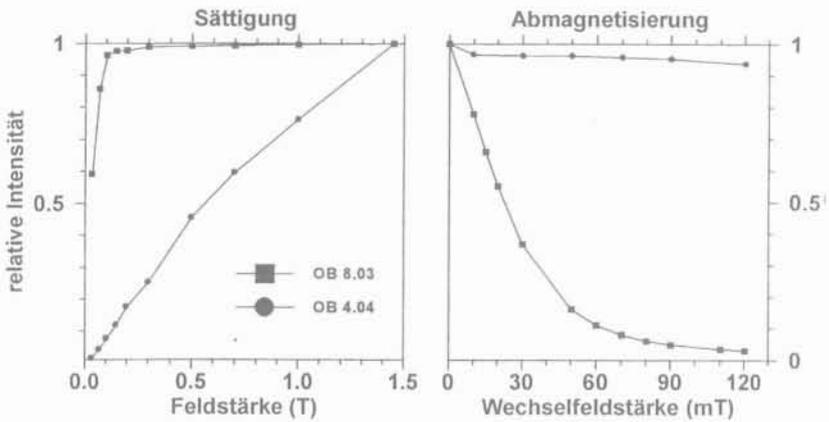


Abb. 3: Sättigungsverhalten und Abmagnetisierung der Sättigungsremanenz von Proben aus dem Tagebau Oberdorf. Maximale Sättigungsfeldstärke 1.45T. Magnetit ist für den Anstieg am Beginn der Sättigungskurve von Probe OB 8.03 verantwortlich, die magnetische Sättigung ist bei 0.3 T erreicht. Charakteristisch für Hämatit ist der stetige flache Anstieg der Sättigungskurve bei höheren Sättigungsfeldstärken in Probe OB 4.04, sowie der geringe Intensitätsverlust bei der Wechselfeld-Abmagnetisierung.

während der höhere Teil der Hangendabfolge normale Polarität zeigte, wobei die Polaritätsgrenze 13 Meter über dem Oberflöz im Bohrkern BK22 erfaßt wurde. Ein kurzzeitiges inverses Intervall im Bereich des Fossilfundpunktes einer Wirbeltierfauna, die biostratigraphisch in die Säugetierzone MN4 eingestuft werden kann (DAXNER-HÖCK & SCHOLGER, 1997; DAXNER-HÖCK et al. 1998), konnte auch im Bohrkern mit einer Mächtigkeit von 0,6 Meter beobachtet werden. Somit kann der normal magnetisierte Teil der Hangendabfolge biostratigraphisch mit dem Chron C5Dn und der liegende, invers magnetisierte Teil des Profils mit dem Chron C5Dr korreliert werden. Nach der GPTS ist das Alter des Polaritätswechsel C5Dr / C5Dn bei 17,6 Ma. Damit kann für die Abfolge ein otnangisches Alter postuliert werden.

Für die kohleführende Abfolge im Tagebau Oberdorf konnte ein paläomagnetisches Ergebnis aus 31 Proben von 9 Probennahmestellen errechnet werden, das auf Daten beider Polaritäten gestützt ist: Dec = 341°, Inc = 53°, $\alpha_{95} = 5^\circ$ (Fisher-Statistik). Aufgrund relativ geringer Schwankungen der Schichtflächen im beobachteten Bereich führte der Faltest nach McELHINNY (1964) zu keinem Ergebnis (Abb. 4).

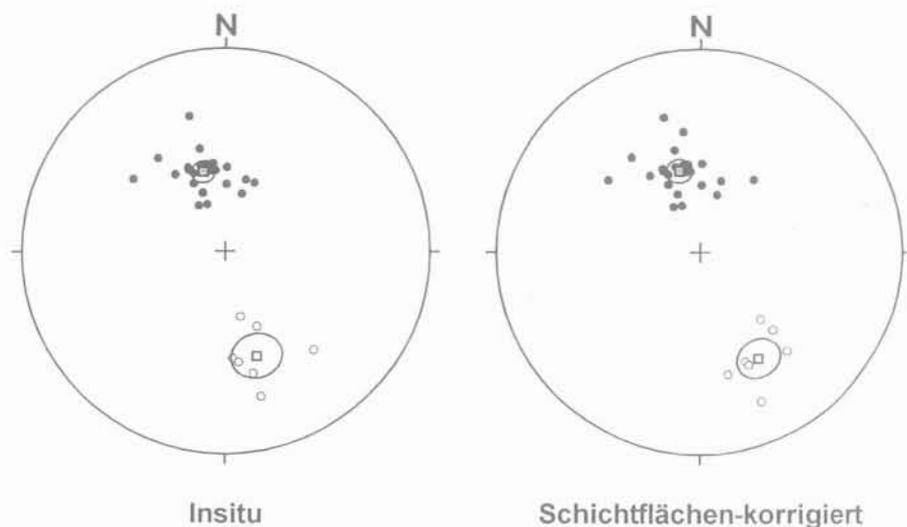


Abb. 4: Richtungen der charakteristischen remanenten Magnetisierung nach Wechselfeldreinigung in Lambert'scher Projektion. Volle Symbole... untere Halbkugel (normal magnetisiert); offene Symbole... obere Halbkugel (invers magnetisiert). Die Richtungsmittelwerte für inverse und normale Bereiche sind als Quadrate dargestellt.

Sowohl der Rotationsbetrag von $19^\circ \pm 8^\circ$ im Gegenuhrzeigersinn, als auch die aus der mittleren Paläoinclination ermittelte Paläobreite von $34^\circ \pm 5^\circ$ stimmten mit Ergebnissen von vergleichbaren Sedimenten aus dem Korneuburger Becken, aus den kleinen Karpaten (TUNYI & KOVAC, 1991), sowie aus verschiedenen Tertiärbecken in Ungarn (MARTON & MAURITSCH, 1990) überein. Die Tuffite aus dem Bereich Lobmingberg im Hangenden der kohleführenden Abfolge erbrachten nach thermischer Abmagnetisierung bei Temperaturen bis 700°C ein übereinstimmendes paläomagnetisches Ergebnis, wobei alle Proben invers magnetisiert waren. Die Tektonik des Untersuchungsraumes seit der Sedimentablagerung ist mit der Entwicklung im Nord-Pannonischen Becken (MAURITSCH & MARTON, 1995) vergleichbar (Tab. 1).

Lokalität	Alter	N	D / I _{bc}	α_{95}	D / I _{ac}	α_{95}	Referenz
Tagebau Oberdorf	Otttang	31	344 / 54	4,6	341 / 53	5,2	Mauritsch & Scholger, 1998
Lobmingberg, Tuffite	? Karpat	10	160 / -49	18,6	160 / -49	18,6	Mauritsch & Scholger, 1998
Teiritzberg	Karpat	19	3 / 55	5,6	340 / 49	5,6	Mauritsch & Scholger, 1998
Obergänsemdorf	Karpat	39	336 / 56	3,7	336 / 56	3,7	Mauritsch & Scholger, 1998
Kleine Karpaten	19 -16.5	74			341 / 59	3,3	Tunyi & Kovac, 1991
Bükk-Gebirge	Otttang	23	337 / 56	4,5	334 / 45	4,5	Marton & Mauritsch, 1990
Matra-Gebirge	Otttang	14	333 / 54	11,0	331 / 48	11,0	Marton & Mauritsch, 1990

Tabelle 1: Mittlere paläomagnetische Richtungen für den Tagebau Oberdorf und vergleichbare Tertiärbecken. N: Probenanzahl. D / I_{bc} : charakteristische Remanenzrichtung vor Schichtflächenkorrektur. D / I_{ac} : ..nach Schichtflächenkorrektur. α_{95} : 95% Vertrauenskegel.

Danksagung

Die Finanzierung dieses Projektes wurde dankenswerter Weise durch den Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF), Wien/ Österreich, unter der Projekt-Nummer P10336-GEO und nachfolgend unter der Projekt-Nummer P10336-TEC ermöglicht. Die Graz-Köflacher Eisenbahn- und Bergbau-Gesellschaft m.b.H. (GKB) gestattete freundlicher Weise die Durchführung der Geländearbeiten im Köflach-Voitsberger Tagebaubereich. Wir danken Herrn DI F. Kremser und Herrn DI H. Landsmann für Ihre Hilfe und die zahlreichen Diskussionen.

Literatur

- COLLINSON, D.W. (1983): Methods in rock magnetism and palaeomagnetism. Techniques and instrumentation. - Chapman & Hall, 503 S., London.
- DAXNER-HÖCK, G. HAAS, M., Meller, B. & STEININGER, F.F. (1998): Wirbeltiere aus dem Tagebau Oberdorf (Weststeirisches Becken, Österreich), 10. Paläoökologie, Sedimentologie und Stratigraphie. - Ann. Naturhist. Mus. Wien, 99A, 195-224, Wien.
- DAXNER-HÖCK, G. & SCHOLGER, R. (1997): The sequence of Miocene rodent faunas from Austria. - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck: S. 188; Innsbruck.
- DUNLOP, D.J. (1973): Theory of magnetic viscosity of lunar and terrestrial rocks. - Rev. Geophys. Space Phys.: 11, 855-901.
- FISHER, R.A. (1953): Dispersion on a sphere. - Proceedings of the Royal Society of London, A217: 295 -305. London.
- HUS, J.J. (1990): The magnetic properties of siderite concretions and the CRM of their oxidation products. - Physics of the Earth and Planetary Interiors, 63: 41-57, Elsevier, Amsterdam.
- LENZ, B. & BERNHARD, M. (1993): Petrophysikalische und sedimentologische Untersuchungen der Hangendschichten der Braunkohlelagerstätte Oberdorf-Bärnbach (Entwicklung von Interpretations- und Eliminationsroutinen). - Leobener Hefte zur Angew. Geophysik, 4:36-60, Leoben.
- MARTON, E. & MAURITSCH, H. J. (1990): Structural applications and discussion of a paleomagnetic post-Paleozoic data base for the Central Mediterranean. - Physics of the Earth and Planetary Interiors, 62: 46-59, Elsevier, Amsterdam.
- MAURITSCH, H.J. & MARTON, E. (1995): Escape models of the Alpine-Carpathian-Pannonian region in the light of palaeomagnetic observations. - Terra Nova, 7, 1: 44-50, Blackwell Science Ltd.
- MAURITSCH, H.J. & SCHOLGER, R. (1998): Palaeomagnetism and Magnetostratigraphy from the Early Miocene lignite deposits of the open cast mine Oberdorf, N Voitsberg, Styria, Austria. - Jb. Geol. Bundesanst., 140/4, 429-432, Wien.
- McELHINNY, M.W. (1964): The statistical significance of the fold test in palaeomagnetism. - Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 8: 338-340, London.
- OPDYKE, N.D. & CHANNELL, J.E.T. (1996): Magnetic Stratigraphy. - Academic Press, 346 S, London.
- SOFFEL, H. (1991): Paläomagnetismus und Archäomagnetismus. - Springer, 276 S, Berlin.
- TARLING, D.H. (1983): Palaeomagnetism. - Chapman & Hall, 379 S., London.

TUNYI, I. & KOVAC, M. (1991): Palaeomagnetic investigation of the Neogene sediments from the Little Carpathians (Lower Miocene of the SW part of the Western Carpathians). - Contr. Geophys. Inst. Slov. Acad. Sci, 21: 125-146, Bratislava.

Anschrift der Verfasser:



Dr. Robert SCHOLGER
Institut für Geophysik
Montanuniversität Leoben
Franz Josef-Str. 18, A-8700 Leoben.



Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Hermann J. MAURITSCH
Institut für Geophysik
Montanuniversität Leoben
Franz Josef-Str. 18, A-8700 Leoben.