

# Die Entwicklung der Nördlichen Kalkalpen aus paläomagnetischer Sicht

Von MAX BECKE & HERMANN J. MAURITSCH\*)

Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle

Nördliche Kalkalpen  
Geophysik  
Paläomagnetik

## Zusammenfassung

Eben abgeschlossene paläomagnetische Daten aus den Nördlichen Kalkalpen (NKA) werden zusammengefaßt. Einen interessanten paläogeographischen Aspekt ergeben die divergierenden Trias-Jura-Richtungen, die auf eine, von der heutigen, langgestreckten Struktur der NKA abweichende Anordnung zur Sedimentationszeit zurückgeführt werden müssen. Ein Vergleich der Oberkreiderichtungen der Gosau Becken mit den präorogenetischen Magnetisierungsrichtungen von Trias und Juragesteinen bestätigt die Hauptdeckenbildung in vorgosauischer Zeit. Postgosauisch erfolgte noch eine weitere Uhrzeigersinnrotation der gesamten NKA.

## Abstract

Recent paleomagnetic data from the Northern Calcareous Alps are compiled. Diverging Triassic and Jurassic palaeodeclinations indicate, that during this time the paleogeographic situation was quite different, as one would expect now, when considering the elongated nappe system. A comparison of the upper Cretaceous paleodirections with the preorogenic declinations of Triassic and Jurassic confirms the origin of the nappes in mid-cretaceous time. After the sedimentation of upper cretaceous Gosau beds a further clockwise rotation took place.

## 1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit faßt die soeben abgeschlossenen paläomagnetischen Daten aus den NKA zusammen und versucht eine erste Interpretation. Die Daten wurden im Rahmen der Hochschulschwerpunktprojekte N25 und S-15 erarbeitet und basieren auf der Messung und Auswertung von rund 5000 Einzelkernen.

Bereits die Probenahme in der Paläomagnetik ist relativ kompliziert und zeitaufwendig, da die Proben genau orientiert entnommen werden müssen. Zumeist werden mit einem Handbohrgerät 5–10 cm lange Kerne aus dem Anstehenden gebohrt, deren Kernachse eingemessen und markiert wird. Für die Messung im Labor müssen diese Kerne planparallel auf 2,5 cm abgelängt werden.

Die Messungen werden seit 1980 in der Außenstelle des Institutes für Geophysik der Montanuniversität Leoben in Gams bei Frohnleiten durchgeführt. Dabei wird die Richtung und Intensität der Remanenz gemessen, die von ferromagnetischen Partikeln über geologische Zeiträume getragen wird. Die Richtung der Remanenz

spiegelt die Richtung des Erdmagnetfeldes zur Zeit der Gesteinsbildung im Sedimentationsraum wider. Diese „fossile“ Remanenzrichtung wird wie im Falle der NKA immer durch entsprechende „Reinigungsverfahren“, bei denen die Effekte wie Verwitterung u. a. m. ausgeschaltet werden, aus dem resultierenden Vektor (NRM) herausgearbeitet. Tektonische Korrekturen sowie Versuche zur Überprüfung der zeitlichen Stabilität der Remanenz gehören zu den Standardverfahren paläomagnetischer Untersuchungen.

## 2. Eignung verschiedener Gesteine für paläomagnetische Untersuchungen

Die paläomagnetische Methode kann leider nicht an allen Gesteinen erfolgreich durchgeführt werden, da gewisse Randbedingungen erfüllt werden müssen. So sind physikalische, geologische und auch praktische Aspekte zu berücksichtigen, die im Folgenden, auf die NKA bezogen, kurz erläutert werden sollen.

In einem Gestein muß eine ausreichende Menge an Remanenzträgern vorhanden sein, um eine meßbare Intensität und Magnetisierungsrichtung der Remanenz zu ergeben. Es genügen für diese Forderung bereits wenige ppm, wenn die Partikelgröße über dem kritischen Volumen von 0,3  $\mu$  für Magnetit und 1–10  $\mu$  für Hämatit liegt. Damit ist meist auch eine ausreichende Stabilität der Magnetisierung gegeben, um die Magnetisierungsrichtung über geologische Zeiträume zu erhalten.

Weitere Bedingungen für positive Resultate sind geologisch-tektonischer Art. Da in Störungszonen angenommen werden muß, daß es zu einer Umkristallisierung der magnetischen Mineralien kommt, wobei diese ihre alte Magnetisierungsrichtung (syndimentär bis diagenetisch) verlieren, soll eine ausreichende Entfernung zu den Deckenbahnen und zum Kalkalpensüdrand eingehalten werden. Um trotz der relativ starken Tektonik in den NKA für größere Gebiete repräsentative Daten zu bekommen, lag bei der Probenahme auch das Bestreben vor, lokaltektonischen Einflüssen wie Schuppenzonen und Schollen möglichst auszuweichen.

Außerdem müssen auch noch rein praktische Aspekte kurz erwähnt werden. So können beispielsweise aus Tonschiefern oder zu enggeklüfteten Gesteinen nur selten Bohrkern gewonnen werden. Dies trifft auch auf die spröden Radiolarite zu.

Durch teilweise umfangreiche Studien im westlichen Bereich der NKA wurde festgestellt, daß die Deckenba-

\*) Anschrift der Verfasser: Dr. MAX BECKE, Univ.-Prof. Dr. HERMANN J. MAURITSCH, Institut für Geophysik, Montanuniversität Leoben, A-8700 Leoben.

sis mit Reichenhaller Schichten und alpinem Muschelkalk durchwegs einer meist vollständigen Ummagnetisierung unterworfen ist. Die magnetische Neuorientierung umfaßt in den untersuchten Profilen den gesamten Liegendanteil der Inntaldecke, zumindest bis zum Wettersteinkalk. Der Wettersteinkalk selbst ist mangels genügender magnetischer Mineralien nicht meßbar (BECKE, M., 1980; BERG, D., HEER, W., HÖFLING, Ch., & LUDWIG, H., 1982).

Im westlichen Teil der NKA erwiesen sich vor allem die bituminösen Partien des Hauptdolomits und Plattenkalkes als günstige Gesteine für paläomagnetische Messungen. So ist diese Fazies sehr mächtig ausgebildet und erstreckt sich über weite Areale und verschiedene Decken und ermöglicht dadurch eine Beprobung eines zeitgleichen Horizontes über weite Gebiete. Die Adneter Kalke, die wohl die besten physikalischen Voraussetzungen für paläomagnetische Untersuchungen im Gesteinsspektrum der NKA haben, sind oft durch die meist zu schwach magnetisierten Allgäuschichten vertreten, bzw. in tektonisch stark beanspruchte Schuppenbereiche involviert. Im zentralen Teil der NKA konnten hier gut beprobare Juraserien aufgefunden werden (HARGRAVES, R. B. & FISCHER, A. G., 1959; MAURITSCH, H. J. & FRISCH, W., 1978).

Höhere Anteile der Sedimentationsabfolge sind des öfteren bereits wieder durch eine ehemals überlagernde Decke so stark beansprucht, sodaß beispielsweise in der Jungschichtenzone zwischen Mieminger und Wettersteingebirge oder in den Lechtaler Alpen eine synbis posttektonische Neuorientierung der Magnetisierung festgestellt werden konnte. Durch eine hangende, heute gänzlich erodierte höhere Decke im Bereich Kufstein könnte auch die Tatsache erklärt werden, daß in diesem Bereich keine synsedimentäre Richtungen gemessen werden konnten (HÖFLING, Ch., 1982).

Besonderes Interesse wurde bei den Untersuchungen auch den Gosausedimenten entgegengebracht. Diese sind durchschnittlich sehr schwach magnetisiert, und teilweise so grobkörnig, daß eine gleichmäßige Einregelung der Ferromagnetika nicht möglich war. Vor allem aber zeigten sämtliche Serien mit flyschoider Fazies keine einheitliche Richtung innerhalb eines Aufschlusses. Dies deutet auf zu rasche Ablagerung und Verfestigung des Gesteins hin, sodaß die magnetischen Partikel sich weder beim Absinken noch im Schlamm im Erdmagnetfeld einregeln konnten.

### 3. Paläomagnetische Ergebnisse

Eine ausführliche Beschreibung der gesteinsmagnetischen Untersuchungen würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten. Teilweise wurde darüber bereits in den Jahresberichten der Hochschulschwerpunktprojekte S15/03 und N25 kurz berichtet (MAURITSCH, H. J., 1976–1979; MAURITSCH, H. J. & BECKE, M., 1980–1983). Eine ausführliche Arbeit darüber ist in Vorbereitung und wird an anderer Stelle demnächst publiziert.

Schrittweise Sättigungsversuche an Pilotproben der verschiedenen Gesteinstypen und die thermische Abmagnetisierung geben Aufschluß über die Remanenzträger. Rasche Sättigung zwischen 0,2–0,3 T und Blockierungstemperaturen unter 578°C weisen auf Magnetit hin. Höhere Blockierungstemperaturen bis 675°C gepaart mit hochkoerzitiven Eigenschaften (Sättigung tritt erst über 1,0 T ein) weist auf Hämatit hin. Die Abmagnetisierung der natürlichen remanenten Magnetisierung (NRM) kann entweder im Wechselfeld oder thermisch vorgenommen werden. Bei diesen magnetischen Reinigungsverfahren, werden die weichen, sekundären Remanenzen, die durch den Faktor Zeit, die Orogenese oder die Verwitterung entstanden sind und die ursprüngliche Magnetisierungsrichtung überlagern, eliminiert und so die charakteristische remanente Magnetisierung (ChRM) erhalten.

Weitere Untersuchungen beschäftigen sich mit der Frage, ob diese ChRM der ursprünglichen Magnetisierung entspricht, also ein synsedimentäres bzw. diagenetisches Alter hat, oder erst viel später aufgeprägt wurde. Eine Möglichkeit ist der „Faltentest“, eine statistische Methode, bei der die Streuung der Magnetisierungsrichtungen vor und nach dem Abwickeln einer Falte miteinander verglichen wird. Handelt es sich um später aufgeprägte Richtungen, ist die Streuung vor dem Abwickeln der Falte geringer als danach. Man spricht hier von einem negativen Faltentest. Der positive Faltentest beweist das prätektonische Alter der Magnetisierung.

Eine andere Möglichkeit stellt bei Grobsandsteinen und Konglomeraten der Konglomeratstest dar, bei dem die Richtungen von einzelnen Komponenten verglichen werden. Da die groben Komponenten im Erdfeld nicht eingeregelt werden können, wird im negativen Fall einer späteren Überprägung des Gesteins eine geringe

Tabelle 1: Ergebnisse paläomagnetischer Messungen (nach magnetischer Reinigung).  
Zusammenstellung nach Daten von HARGRAVES & FISHER, 1959; MAURITSCH & FRISCH, 1978; BECKE, 1980.

Bereich	B-Dec.	B-Inc.	N	K	$\alpha_{95}$	Gestein
<b>T R I A S</b>						
1. Mieming	296.8	38.5	21	86.5	5.0	Hauptdolomit
2. Rinnen	334.1	48.8	5	36.2	6.2	Hauptdolomit
3. Lermoos	236.9	34.9	8	213.8	4.1	Plattenkalk
4. Bludenz	320.3	43.1	–	–	–	Hauptdolomit
5. Osterhorn	115.0	55.1	2	–	–	Kössenerschichten
<b>J U R A</b>						
6. Osterhorn	62.0	45.0	27	29.1	11.3	Jura
7. Lofer	47.9	50.6	–	70.7	6.5	Adneterkalk
8. Lofer	36.7	47.6	–	100.0	5.5	Malm-Radiolarit
<b>O B E R K R E I D E</b>						
9. Gosau	17.4	51.9	20	25.8	6.55	Gosauschichten
10. Brandenberg	30.4	52.0	10	40.0	7.73	Gosauschichten
11. I – Weyerer Bögen	26.2	67.5	4	354.0	4.9	Gosauschichten
12. II – Weyerer Bögen	59.1	55.5	4	354.0	4.9	Gosauschichten

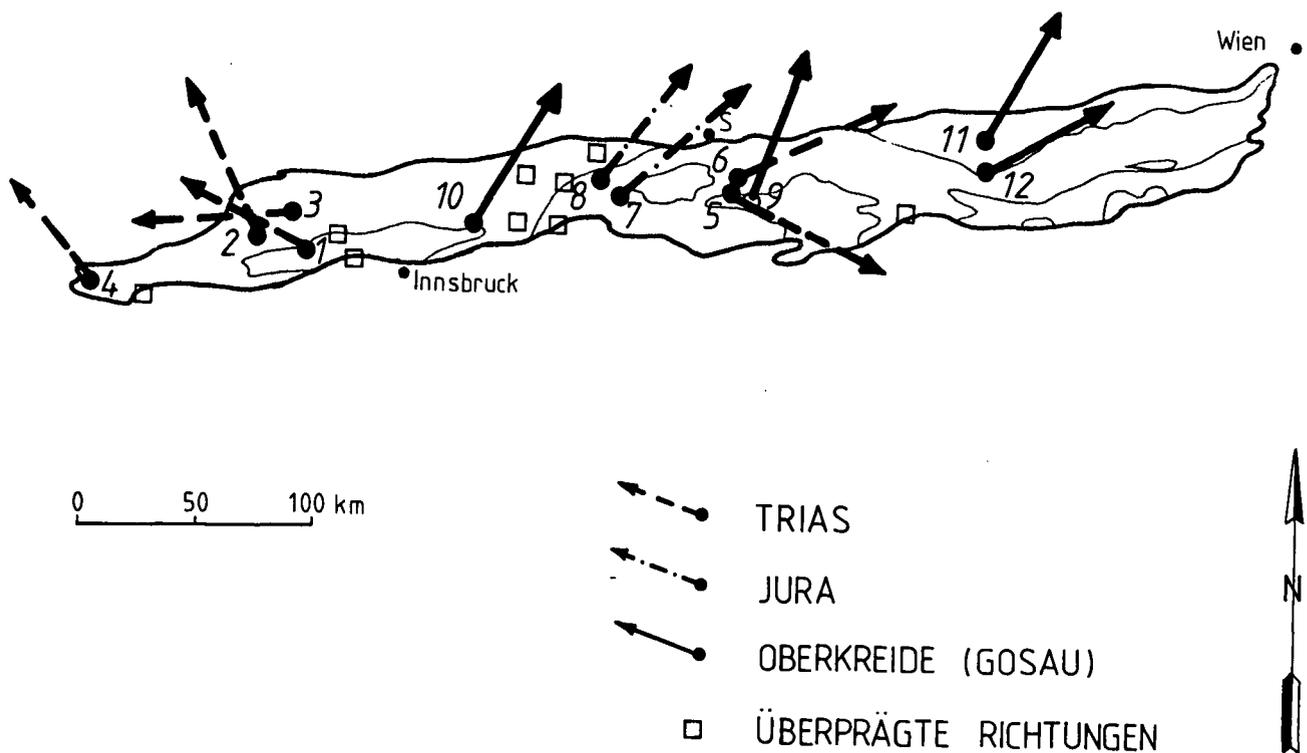


Abb. 1: Probenahmepunkte mit Paläodeklinationen in den NKA. Die Bereichsnummern beziehen sich auf die Tabelle. Aus den Probenahmegebieten, die mit einem □ versehen sind, konnten nur posttektonische Richtungen gemessen werden.

Streuung der Magnetisierungsrichtungen feststellbar sein. Dieser Test kann nicht nur an Konglomeraten, sondern auch an den endogenen Brekzien im Hauptdolomit durchgeführt werden.

In der tabellarischen Aufstellung (Tab. 1) werden nur die Ergebnisse nach der magnetischen Reinigung berücksichtigt. Für fast alle Bereiche konnte die nach der Reinigung erhaltene charakteristische remanente Magnetisierung durch Faltestests auf ihr primäres (synsedimentär bis diagenetisches Alter) oder sekundäres Alter (während der Orogenese erworbene Neumagnetisierung) untersucht werden. Alle Bereiche mit negativen Faltestests sind in der Tabelle nicht angeführt, sie scheinen nur in Abb. 1 als Quadrate auf.

Jedem Richtungspfeil auf Abb. 1 entspricht in der Tabelle ein Bereich (1–12), der jeweils mit N-Aufschlüssen zu mindestens 6 Kernen abgedeckt ist.  $B_{Dec}/B_{Inc}$  stellt bereits den tektonisch korrigierten Endwert dar, d. h. die Schichtflächen wurden bei flacher b-Achse in die Horizontale, die ehemalige Sedimentationsebene geklappt.  $K$  ist der Präzessionsfaktor und  $\alpha_{95}$  der halbe Öffnungswinkel eines Konfidenzkegels, in dem mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit die Vektorrichtungen liegen.

#### 4. Diskussion der Ergebnisse

Beschränken wir uns vorerst auf die Triasdaten aus dem Westteil der NKA (Bereiche 1–4). Sie weisen zwar eine relativ große Streuung auf, zeigen aber doch eine mittlere Tendenz nach NW. In einem tektonisch stark beanspruchten und verfalteten Gebirge mit etlichen Decken darf diese Tatsache nicht verwundern. Die große Abweichung des Bereiches 3 kann wohl mit der Lokaltektonek rund um das Wettersteingebirge in Verbind-

ung gebracht werden. Ferner kann hier von keinem prinzipiellen Unterschied zwischen den Decken gesprochen werden. Bereich 1 gehört der Inntaldecke an, die anderen 3 der Lechtaldecke.

Im Gegensatz dazu zeigen die Juradaten ab Lofer eine deutliche Ausrichtung der Magnetisierung nach NE. Pilotmessungen weiter im Osten bestätigen diese Tendenz. Die Oberkreiderichtungen der einzelnen Gosaubecken, weisen eine einheitliche NNE–NE Magnetisierungsrichtung auf. Dies gilt sowohl für das im Westen gelegene Becken von Brandenburg (von der Muttekopfgosau konnten wegen der flyschoiden Fazies noch keine sicheren Resultate erzielt werden) als auch für die Gosau der Weyrerbögen im Osten. Dies bestätigt ferner eine vorgosauische Eindrehung der Weyrerbögen.

Die aus den paläomagnetischen Ergebnissen ableitbare Entwicklung der NKA wird in Abb. 2 skizzenhaft in drei Phasen erläutert und später diskutiert. Aus Abb. 2a erhebt sich die Frage, wie weit es zulässig ist, Trias- und Jurarichtungen gleichzusetzen, da wir ja aus dem Westteil nur Triasdaten, aus dem Ostteil nur Juradaten vorliegen haben und gerade der Jura viel Unruhe in den Sedimentationsraum durch das Aufreißen des Nordatlantik und des Penninischen Ozeans bringt. Diesbezügliche Bedenken können auf mehrfache Art zerstreut werden.

Betrachten wir die Polwanderungskurve (KRS, M., 1982) für Stabileuropa und Afrika, so sind die Rotationsbeträge für diesen Zeitraum unter  $10^\circ$  und somit innerhalb der statistischen Streuung der einzelnen Bereiche. Außerdem geht es in unserem Fall nicht um die Erklärung einer Rotation von wenigen Graden, sondern um Beträge von über  $90^\circ$ .

Im angenommenen Fall einer starken Drehung zwischen Trias und Jura müßte dies auch in signifikanten Unterschieden in Juraprofilen zwischen Lias und Malm

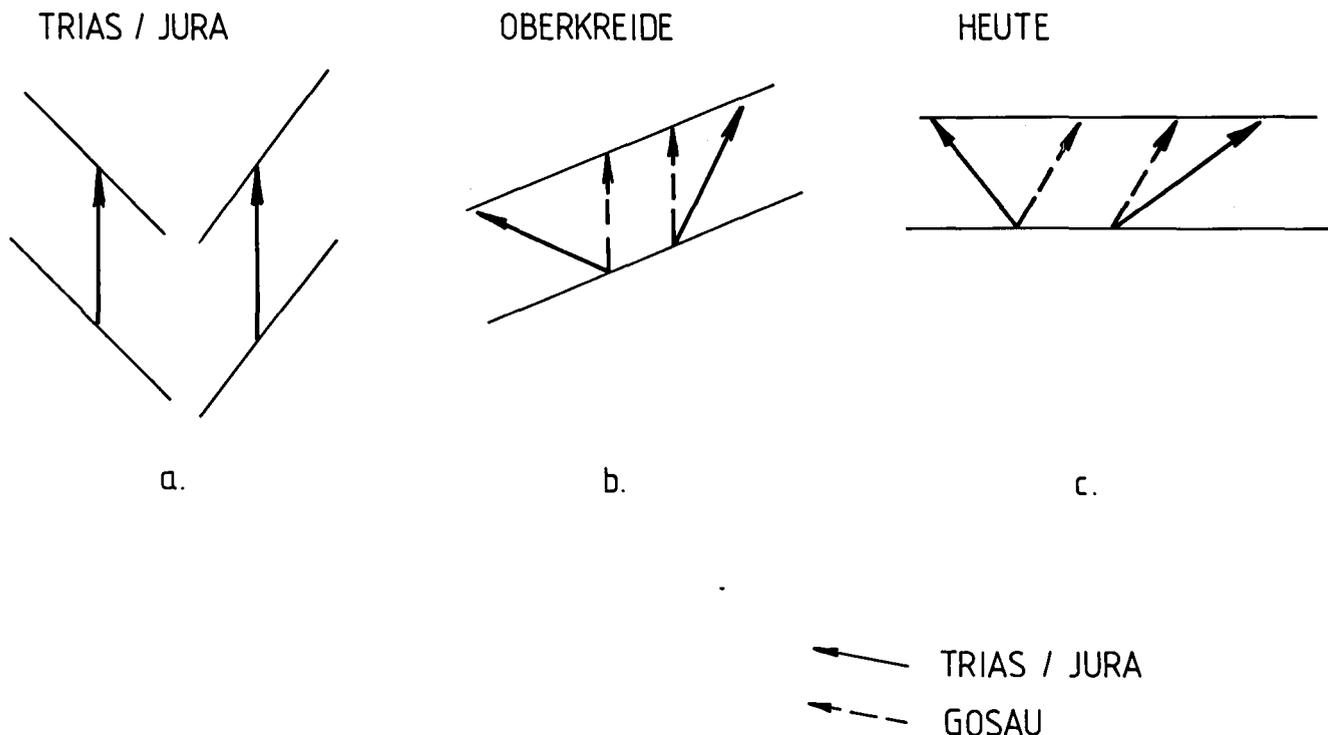


Abb. 2: Interpretation der paläomagnetischen Daten in den NKA.  
 a) Nichtlineare paläogeographische Anordnung während der Geosynkinalzeit.  
 b) Nach der altpalpinen Orogenese langgestreckte, in Decken gegliederte Körper der NKA.  
 c) Heutige Lage der NKA nach einer tertiären Uhrzeigersinnrotation.

zum Ausdruck kommen. Dafür ist aber kein Beweis, weder bei HARGRAVES, R. B. & FISCHER, A. G. (1959) noch bei MAURITSCH, H. J. & FRISCH, W. (1978) zu finden.

Ferner ist auch noch anzuführen, daß die Triasdaten aus dem Nor stammen, die Juradaten vorwiegend liasische Adneter Kalk-Magnetisierungen widerspiegeln. Somit bleibt nur noch der Zeitraum des Rhäts übrig, um diese riesige Rotation durchzuführen, was wohl sehr unwahrscheinlich ist.

Abb. 2 ist ferner ein erster Interpretationsversuch, die divergierenden Magnetisierungsrichtungen triadischen und jurassischen Alters in ein paläogeographisches Bild zu bringen und durch den Vergleich mit den Oberkreidedaten der Gosauvorkommen die tektonischen Ereignisse der alt- und jungalpidischen Zeit aus einem paläomagnetischen Blickwinkel zu beleuchten.

Während der Hauptsedimentationszeit der NKA in Trias und Jura bis in die Unterkreide scheint die paläogeographische Anordnung des Ablagerungsraumes nicht in einem geraden, langgestreckten Sedimentationsgebiet bestanden zu haben, sondern der westliche und der östliche Teil schließen miteinander einen annähernd rechten Winkel ein. Das Scharnier dieses V-förmigen Gebildes müßte im Raum Kufstein gesucht werden. Hier ist auch die einzige Stelle, an der eine Deckengrenze (Lechtaldecke/Staufen-Höllengebirgsdecke) die NKA in ihrer gesamten Breite teilt.

Während der vorgosauischen Deckenbildung sind die NKA bereits zu einem geradlinigen Körper verformt worden, der postgosauisch nur noch eine Uhrzeigersinnrotation von ca. 20° ausgeführt hat.

Die mittelkretazische Gegenuhrzeigersinnrotation des westlichen Teiles könnte teilweise synchron mit der von FRANK, W. (1983) vermuteten Drehung des Ötztalblocks

vor sich gegangen sein. Diese NW-Richtungen können aber nicht mit den NW-Richtungen der Südalpen bzw. der gesamten Adriatischen Platte verglichen werden (VAN DEN BERG, J., 1979).

#### Literatur

- BECKE, M.: Geologisch-tektonische und paläomagnetische Untersuchungen im Mieminger Gebirge (Nördl. Kalkalpen, Tirol). – Diss. Univ. Innsbruck 1980.
- BERG, D., HEER, W., HÖFLING, Ch. & LUDWIG, H.: Paläomagnetische Untersuchungen im Raum zwischen Wörgl und Salzburg. – 4 unveröffentl. Diplomarbeiten am Institut für Geologie, TU München 1982.
- FRANK, W.: Argumente für ein neues Entwicklungsmodell des Ostalpins. – Jahresbericht 1982, Hochschulschwerpunkt S-15, 249–262, Graz 1983.
- HARGRAVES, R. B. & FISCHER, A. G.: Remanent Magnetism in Jurassic Red Limestones and Radiolarites from the Alps. – Geoph. Journal 2, 34–41, Heidelberg 1959.
- KRS, M.: Implication of Statistical Evaluation of Phanerozoic Palaeomagnetic Data (Eurasia, Africa). – Rozpravy Československé Akademie Véd. 92/3, 1–86, Prag – Smichov 1982.
- MAURITSCH, H. J.: Jahresberichte Paläomagnetik. – Hochschulschwerpunkt N25: Geologischer Tiefbau der Ostalpen, Wien 1976–1979.
- MAURITSCH, H. J. & FRISCH, W.: Palaeomagnetic Data from the Central Part of the Northern Calcareous Alps, Austria. – J. Geophys., 44, 623–637, Heidelberg 1978.
- MAURITSCH, H. J. & BECKE, M.: Jahresberichte Paläomagnetik. – Hochschulschwerpunkt S-15: Die frühalpiner Geschichte der Ostalpen, Graz – Leoben 1980–1983.
- VAN DEN BERG, J.: Reconstructions of the Western Mediterranean area for the Mesozoic and Tertiary timespan. – Geol. Mijnbouw 58, 153–160, Utrecht 1979.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 15. August 1984.