

Paläomagnetische und radiometrische Daten aus dem Grazer Paläozoikum

Von H. W. FLÜGEL*, H. J. MAURITSCH**, H. HEINZ***
und W. FRANK****

Mit 5 Abbildungen und 1 Tabelle

Zusammenfassung

Es werden die offenen Fragen der tektonischen Entwicklungsgeschichte des Grazer Paläozoikums diskutiert. Weiters wird über erste Versuche berichtet zu einer Lösung zu kommen.

Paläomagnetische Untersuchungen wurden in Silur- und Devongesteinen durchgeführt. Gesteinsmagnetische Untersuchungen ergaben, daß in allen Fällen Magnetit der Träger der natürlichen remanenten Magnetisierung ist. Nördlich von Graz wurde die Dolomit-Sandsteinstufe beprobt, im Sausal und Remschnigg Silur- und Devongesteine. Alle Proben wurden thermisch oder im Wechselfeld behandelt. Bedingt durch Tektonik und Metamorphose wurden im Gebiet nördlich von Graz stark streuende Ergebnisse erhalten, die derzeit keine sinnvolle Interpretation erlauben. Die Diabase und Kalke des südlichen Untersuchungsgebietes weisen eine einheitlichere Magnetisierungsrichtung auf. Die Paläoinklination ist sehr flach und könnte durch eine karbone Metamorphose bedingt sein.

Einige geochronologische Daten zeigen, daß in den höchsten Anteilen des Grazer Paläozoikums offenbar noch die variszische Formung überwiegt (K/Ar-Mischalter), in den tieferen Teilen aber eine deutliche kretazische Metamorphose vorhanden ist.

Summary

The problems of the tectonic evolution of the Paleozoic of Graz are discussed. First attempts to solve the questions are presented. Paleomagnetic investigations were carried out on Silurian and Devonian rocks. Rockmagnetic experiments established magnetite in all cases as carrier of the natural remanent magnetization (NRM).

Whereas in the area north of Graz the Dolomit-Sandsteinserie were sampled in the south silurian and devonian of the Sausal and Remschnigg were taken. All

Adresse der Verfasser:

- * Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8100 Graz.
- ** Institut für Geophysik, Montanuniversität Leoben, A-8700 Leoben.
- *** Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1030 Wien.
- **** Institut für Geologie, Universität Wien, Universitätsstraße 7, A-1010 Wien.

samples were thermal or AC-field treated. In the area north of Graz a multi-component remanence direction were found with an overall mean direction which occurs senseless in the present stage from a palaeomagnetic point of view. The reasons are the tectonics and metamorphism. In the diabases and limestones of the southern part of the area a more consistent magnetisation direction were found. The palaeoinclination is very shallow and could be caused by a carboniferous metamorphism.

Based on some geochronological data it is suggested that the highest parts of the Paleozoic of Graz the effects of the Hercynian imprints on the rocks are more or less preserved (K/Ar mixed ages), whereas in the deeper part a pronounced thermal heating in the Cretaceous is proved.

Einleitung (H. W. F.)

Die Überlegungen zum tektonischen Bau des Grazer Paläozoikums wurden 1961 abgebrochen, nachdem sich gezeigt hat, daß die damals angebotene Lösung infolge wichtiger offener Fragen nur ein unvollkommener Versuch sein konnte. Vor allem zwei sich zu dieser Zeit erstmals abzeichnende Probleme waren mit den damaligen Möglichkeiten in Österreich nicht klärbar. Die erste war die Frage nach der Bedeutung der altpaläozoischen Altersdaten aus dem Steirischen „Alt-Kristallin“, die ich zu Beginn der 60er-Jahre, gestützt auf Untersuchungsergebnisse in der ČSSR publizieren konnte (FLÜGEL 1961, KANTOR & FLÜGEL 1964). Wir wußten damals wenig mit diesen Datierungen anzufangen (FLÜGEL 1961: 11, 1964) und die Daten selbst stießen bei manchen österreichischen Kollegen – im Ausland wurden sie überhaupt nicht zur Kenntnis genommen – auf große Skepsis, die erst überwunden wurde, als sie durch „westliche“ Arbeiten in zunehmendem Maße bestätigt wurden und es sich zeigte, daß sie ein weit verbreitetes wichtiges altpaläozoisches Ereignis anzeigen.

Das zweite Problem ergab sich aus der Vermutung, daß das Grazer Paläozoikum eine Ferndecke darstellen (FLÜGEL 1960) und vom zentralalpinen Mesozoikum unterlagert sein könnte (FLÜGEL & MAURIN 1957, FLÜGEL 1958). Auch diese Überlegungen stießen anfangs auf deutliche Ablehnung (vgl. FLÜGEL 1978). Sie setzten sich durch, als sie in kompromißloser Weise von A. TOLLMANN vertreten wurden.

Die nunmehrigen Möglichkeiten geochronologischer und paläomagnetischer Untersuchungen im Rahmen von Projekt N 25 zusammen mit neuen stratigraphischen und faziellen Methoden erlauben es, auch im Grazer Paläozoikum die Arbeiten der 60er-Jahre wieder aufzunehmen. Vor allem gilt es folgende Probleme zu lösen:

1. Alter, Metamorphose und Tektonik der „Raasberg-Gruppe“. FLÜGEL & MAURIN haben diese Gruppe 1957 als fragliche Trias bezeichnet. Andere Autoren waren sich dieses Alters sicher. Nach wie vor ist dies jedoch nicht bewiesen. Vor allem nachdem EBNER, NEUBAUER & PISTOTNIK 1977 zeigen konnten, daß im Murauer Paläozoikum bisher in die Trias gestellte Dolomite ein devones Alter haben, sollten wir auch dann, wenn diese Ge-

steine tektonische Fugen markieren, vorsichtig sein. Im Raum Köflach sind die Gesteine dieser Gruppe metamorph beeinflusst. Für die Frage des Alters und der Bedeutung dieser Metamorphose wäre eine sichere Alterseinstufung der Raasberg-Gruppe von großer Wichtigkeit.

2. Nördlich von Radegund wird das mit der Kor- und Gleinalpe verglichene Radegunder Kristallin durch die epizonalen Schiefer der „Passailer Gruppe“ (EBNER & WEBER 1978) überlagert. Wir können nur vermuten, daß die Metamorphose der paläozoischen Gesteinsfolge und die des unterlagernden Kristallins in Beziehung zu setzen sind. Wir wissen nicht, ob darüber hinaus im Kristallin auch eine ältere Metamorphose vorhanden ist und nicht wie die primäre Natur der Grenzfläche zwischen den Schiefen der Passailer Mulde und dem Radegunder Kristallin beschaffen war.
3. Die Klärung der Frage 2 wäre von Bedeutung, da der Schöckel-Kalk tektonisch einerseits über der „Raasberg-Gruppe“ andererseits über den „Unteren Schiefen“ der Passailer Gruppe liegt. Handelt es sich hierbei um eine jüngere Überschiebungsfläche und wenn ja welches Alter kommt ihr zu und wie ist sie in den Gesamtbau des Grazer Paläozoikums integriert?
4. Die den Schöckel-Kalk tektonisch überlagernden „Oberen Schiefer“ zeigen eine Metamorphose, die örtlich der der Unteren Schiefer entspricht. Wir wissen nicht, ob dies mit der Aufschiebung bereits metamorpher Schieferfolgen zusammenhängt oder nicht.
5. Es wurde bisher angenommen, daß die Rannach-Decke das normale Hangende der Schiefer von Kehr sei, wobei diese ein (teilweises?) Äquivalent der Oberen Schiefer sind. Die stratigraphischen Gegebenheiten an der Basis der Rannach-Decke sind jedoch unklar, nachdem sich gezeigt hat, daß einerseits in vermutlich tiefen Anteilen der Karbonatgesteinsfolge Ludlov vertreten ist, andererseits Kalke in einer hohen Position der „Schiefer von Kehr“ in das Pragma zu stellen sind. Es wäre möglich, daß auch hier eine tektonische Grenze die verschiedenen Gesteinseinheiten trennt.
6. Die südlich von Kleinstübing sich verzahnenden Karbonatfazies-Bereiche von Rannach- und Hochlantsch-Decke werden nördlich dieser Ortschaft tektonisch voneinander getrennt. Art, Mechanismus und Alter dieser Tektonik ist derzeit ungeklärt.
7. Die Basalkonglomerate der Gosau von Kainach enthalten jungpaläozoische und mesozoische Gerölle, darunter auch solche südalpiner Herkunft. Wir wissen nicht, woher diese Gerölle stammen und wie ihre Platznahme erfolgte. Bei Einbeziehung des Konglomerates der Gams muß diese Frage auch auf dieses Vorkommen ausgedehnt werden.
8. Das Grazer Paläozoikum liegt über verschiedenen Baugliedern des mittelostalpinen Kristallins. Östlich des Paläozoikums wurden in der Bohrung Waltersdorf bei Hartberg Devon-Dolomite erbohrt, welche diaphthoritisches Kristallin überlagert. Dieses wird dem Unterostalpin zugeordnet. Andererseits ist das Paläozoikum von Waltersdorf Zwischenglied zwischen dem von Graz und dem des Burgenlandes, wobei bei letzterem die enge räumliche Verknüpfung mit dem Penninikum auffällt. Die Frage, ob es sich bei diesen Vorkommen

um eine einheitliche paläozoische Decke handelt, welche verschiedene tiefere Elemente überlagert, steht im Raum (vgl. EBNER 1978).

Zu diesen Problemen kommen andere, die nicht minder wichtig sind, wie Alter und Bedeutung der inversen Folgen in der Rannach-Decke, die Stellung der klastischen Dornerkogel-Entwicklung, die Position der Hochlantsch-Decke zur Unterlage usw. Auch ihre Lösung ist notwendig, bevor eine neue „Synthese“ des Baues des Grazer Paläozoikums versucht werden kann.

Die hier vorgelegten paläomagnetischen und geochronologischen Studien sind ein erster Schritt auf dem Weg hierzu.

Paläomagnetische Untersuchungen im Grazer Paläozoikum

(H. M. und H. H.)

In den Jahren 1976, 1977 und 1978 wurden im Grazer Paläozoikum in der Dolomit-Sandsteinserie, in den Devonischen Kalken und in den Diabasen paläomagnetische Probenahmen durchgeführt. Die weite Streuung der beprobten Gesteine ergab sich aus den ersten Testmessungen, die gezeigt haben, daß vor allem ein Großteil der Proben aus der Dolomit-Sandsteinserie instabil ist (4a, Nr. 1). Anders verhielten sich die Proben aus den dunkelgrauen bis schwarzen, zum Teil stark bituminösen Kalken (St. Pankrazen), die eine hohe Richtungs- und Intensitätsstabilität aufwiesen (Abb. 1d, Probe GP 43 bzw. GP 45 und Abb. 4a, Probe 5). Von den Diabasen wurden in der ersten Testphase die Diabase der Platte bei Graz sowie der Diabase am Hochtrötsch beprobt. Während vom Hochtrötsch die kompakten Gesteinspartien innerhalb eines Aufschlusses gut gruppierte Richtungen der remanenten Magnetisierung (NRM) ergaben, ist das gesamte Probenmaterial der Platte nicht verwertbar. Hier konnte weder im natürlichen noch im magnetisch gereinigten Zustand eine Vorzugsrichtung der Magnetisierung gefunden werden. Dies scheint auf Umkristallisierung (HADITSCH, mündl. Mitt.) der Eisenoxide zurückzuführen sein. Die gesteinsphysikalischen Untersuchungen wie Curiepunkt,

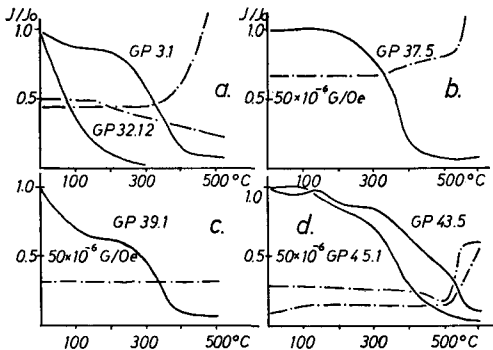


Abb. 1 a,b,c,d

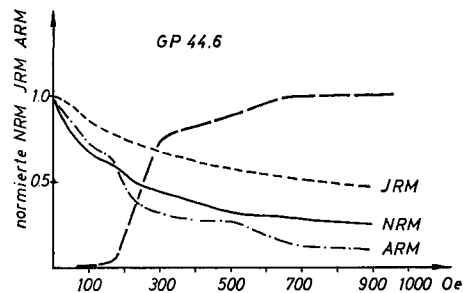


Abb. 2

Abb. 1 (a, b, c, d): Änderung der normierten Intensität und Suszeptibilität mit der Temperatur.

Abb. 2: Änderung der normierten NRM, IRM und ARM mit der Abmagnetisierungsfeldstärke. Die ARM wurde in einem Gleichfeld von 10 Oe erzeugt.

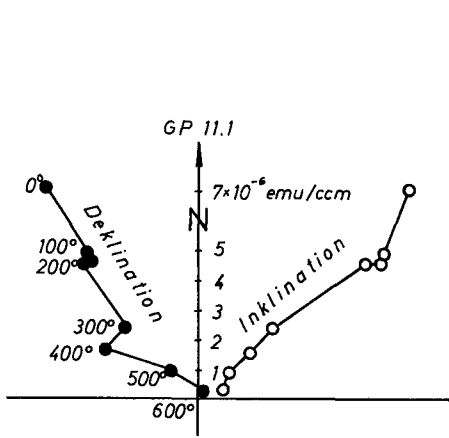


Abb. 3a

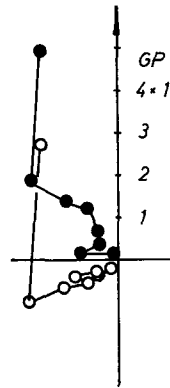


Abb. 3b

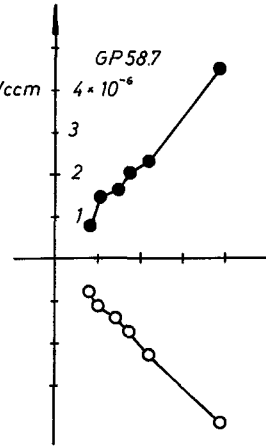


Abb. 3c

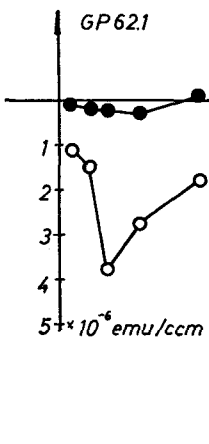


Abb. 3d

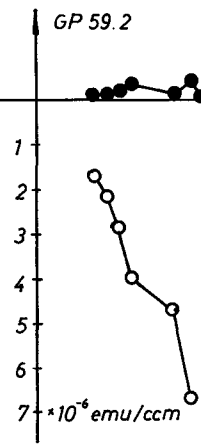


Abb. 3e

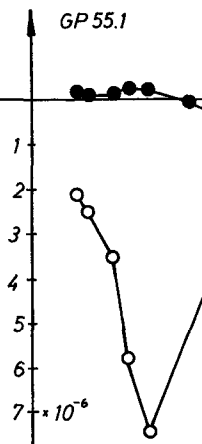


Abb. 3f

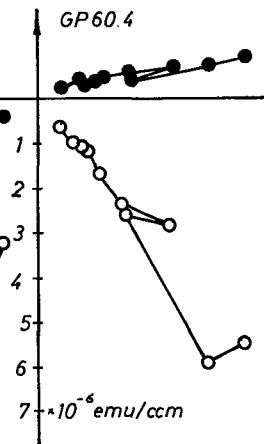


Abb. 3g

Abb. 3a—3g: Darstellung der Richtungsstabilität in Abhängigkeit von der Intensität der Magnetisierung.

Änderung der magnetischen Suszeptibilität, Sättigungsmagnetisierung, Induzierte Remanenz und „anhysteretic remanence“ (Abbildungen 1 und 2) zeigen eindeutig in allen untersuchten Gesteinen den Magnetit als Träger der remanenten Magnetisierung (NRM). Der Kurvenverlauf der anhysteretischen remanenten Magnetisierung (ARM) zeigt, daß der Magnetit in verschiedenen Partikelgrößen vorkommt.

Die Untersuchungen der Richtungsstabilität in Abhängigkeit von der Intensität der Magnetisierung sind in Abb. 3a bis 3g dargestellt. Wie man aus diesen Diagrammen ersehen kann, setzt sich die Magnetisierungsrichtung in den meisten Fällen aus mehreren Vektorrichtungen zusammen. Während in Abb. 3c und 3e

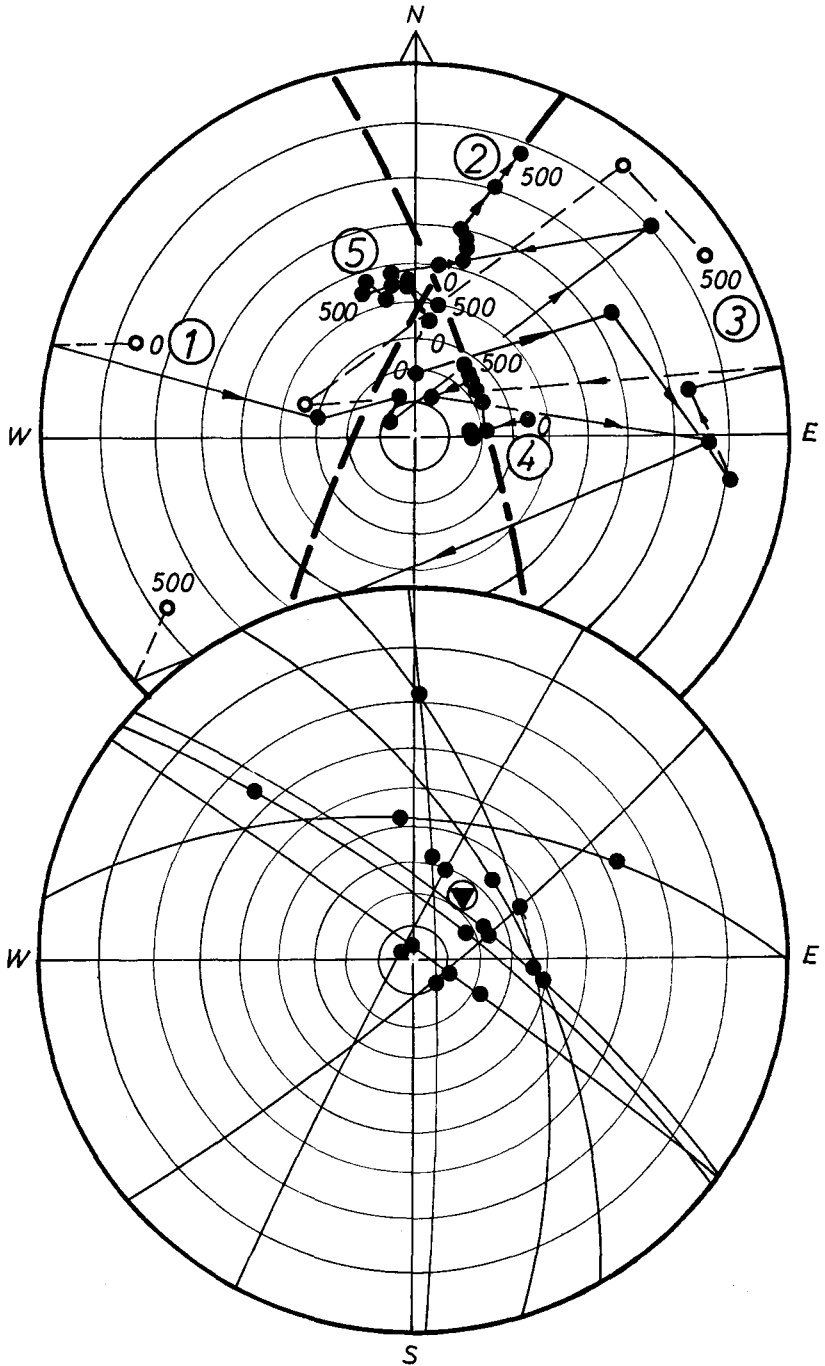


Abb. 4 a und b

von einer mehr oder weniger einheitlichen Magnetisierungsrichtung über den gesamten Intensitätsbereich gesprochen werden kann, ist in allen anderen Diagrammen eine Überlagerung des Hauptvektors der Magnetisierung durch sekundäre Magnetisierungsrichtungen erkennbar. Dies trifft für alle untersuchten Gesteine zu. Dieser Effekt der Überlagerung wurde im Stereogramm (Abb. 4a) untersucht, und es kann festgestellt werden, daß vor allem in den Proben 2 und 4 eine deutliche Anordnung der Abmagnetisierungspunkte entlang von Großkreisen vorliegt. Diese Bewegung entlang von Großkreisen ist ein wesentlicher Beweis, daß die primäre Richtung der Remanenz überlagert ist durch eine wahrscheinlich auf eine Metamorphose zurückzuführende jüngere Richtung. Diese Überlagerungen sind in gutem Einklang mit den von W. FRANK festgestellten Mischalter von Proben aus dem Gebiet des Steinberges bzw. Göstingbachtals.

Trotz dieser feststehenden, offensichtlich metamorphen Überprägung des Probenmaterials wurden insgesamt 65 Aufschlüsse beprobt und einer Auswertung zugeführt. Während, wie schon vorher kurz erwähnt, südlich von Graz sowohl in den Diabasen als auch in den Devonischen Kalken eine recht gute einheitliche Richtung der Magnetisierung gefunden werden konnte, streuen die Werte aus dem nördlichen Bereich sehr stark (Abb. 5). Wie man aus der Abb. 5 ferner ersehen kann, streut die Inklination im südlichen Bereich zwischen -20 und $+20^\circ$, während im nördlichen Bereich durchwegs steile Inklinationen zwischen 40 und 80° festgestellt werden können. Sowohl die Richtungen als auch die Inklinationen sind magnetisch gereinigt und tektonisch korrigiert. Über das Alter der Magnetisierungsrichtung für den südlichen Bereich (Paläodeklination = 30° , Paläoinklination = 10°) kann noch keine abschließende Aussage gemacht werden, es steht jedoch fest, daß es sich um keine Devonrichtung, sondern auf jeden Fall um eine jüngere Richtung handelt (Karbon?). Aus der Einheitlichkeit der Richtung, vor allem in Vergleich zum Norden, könnte man den Schluß ziehen, daß die Umprägung im Süden und damit möglicherweise die Metamorphose im Süden stärker war, als im Norden. Es soll jedoch an dieser Stelle bemerkt werden, daß im Norden mit stärkeren tektonischen Durchbewegungen zu rechnen ist, worauf ein Teil dieser großen Streuungen zurückgeführt werden könnte. Für den nördlichen Teil wurde versucht, vor allem aufgrund der Erkenntnisse in Abb. 4a, daß nämlich die Abmagnetisierungspunkte entlang eines Großkreises liegen, mit Hilfe der sog. Großkreisrekonstruktion eine einheitliche Richtung zu erhalten. Die Großkreise werden dabei für jede Probe (Mittelwert von 6 Kernen je Aufschluß) durch die Richtung der NRM und die Richtung nach der magnetischen Reinigung der charakteristischen Remanenzrichtung (ChRM) gelegt. Wie man in Abb. 4b ersehen kann, ergibt sich dabei eine relativ gute Gruppierung der Schnittpunkte, woraus eine mittlere Richtung von $D_m = 38^\circ$ und $I_m = 65^\circ$ errechnet wurde. Diese Paläorichtung würde bedeuten, daß die Inklination annähernd der des heutigen

Abb. 4:

a: Stereographische Darstellung der Richtungsstabilität in Abhängigkeit der Abmagnetisierungstemperatur sowie Darstellung der Großkreisrekonstruktion (Nummern 1—5 bedeuten Pilotprobennummern).

b: Großkreisrekonstruktion von Proben aus dem Nordteil des Grazer Paläozoikums.

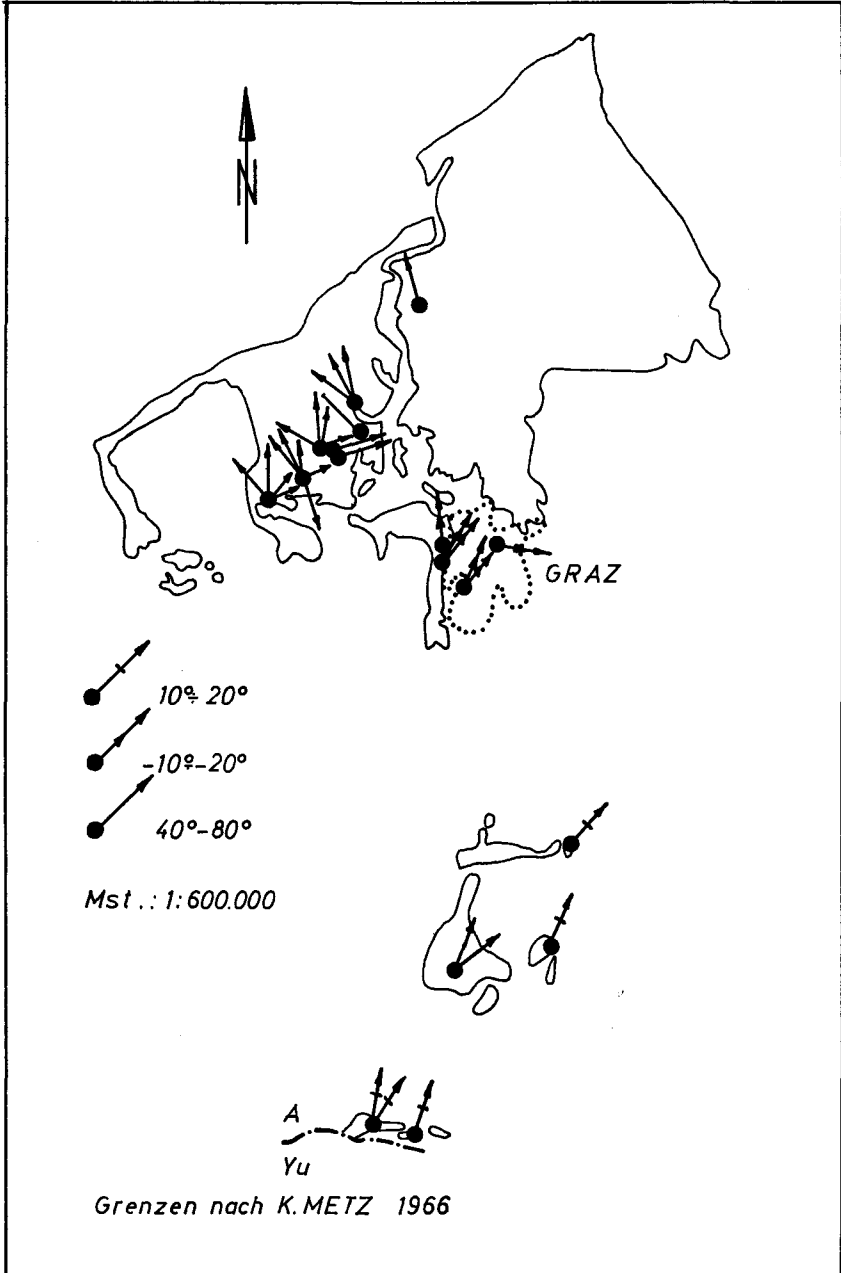


Abb. 5: Verteilung der Paläodeklinationen und Paläoinklinationen im Untersuchungsgebiet.

Erdfeldes für die geographische Breite des Grazer Paläozoikums entspricht, was darüber hinaus bedeutet, daß sie für jede Datierung einer Metamorphose zu steil ist. Die Ursache scheint darin zu liegen, daß die tektonischen Korrekturen nur mit den im Feld meßbaren Parametern durchführbar sind, was aber nur dann richtig ist, wenn die ChRM noch der fossilen Remanenz entspricht. Daraus ergibt sich für die weiteren Forschungsarbeiten die Problematik Interpretationsmethoden auszuarbeiten, die es gestatten, eine genauere Vektoranalyse der Magnetisierungsrichtungen in Abhängigkeit verschiedener tektonischer Vorgänge durchzuführen.

Einige K/Ar-Daten und ihre Bedeutung

(W. F.)

Daten aus den tieferen Teilen des Grazer Paläozoikums

Es wurde versucht, mit geochronologischen Methoden Argumente zur Einstufung der fraglichen Raasbergserie zu finden. Könnte man ein voralpines Alter der schwachen Metamorphose dieser Serie belegen, wäre ein permomesozoisches Alter der Serie auszuschließen. Bei einem altalpinem Metamorphoseereignis bleibt die Altersfrage offen. Bei neuen Straßenaufschlüssen in der Breitenau konnte frisches Probenmaterial von z. T. mit Karbonaten verknüpften hellen Serizitschiefern gesammelt werden, für die der Verdacht bestand, daß sie Äquivalente der Raasbergserie darstellen.

Die untersuchten Proben ergaben K/Ar-Alter von 98 ± 5 bzw. $121,5 \pm 6$ Mio. J. Die erhaltenen Werte sprechen deutlich dafür, daß eine kretazische Metamorphose wirksam war. Das Serienalter bleibt somit ungeklärt. Aus der regionalen Übersicht ergibt sich auch, daß die erhaltenen Werte zwar nahe dem vermuteten thermischen Höhepunkt der Metamorphose liegen, aber es kann nicht gesagt werden, ob dieser thermische Höhepunkt mit diesen Daten hier tatsächlich erfaßt wurde. Es könnte eine zwar weitgehende, aber doch unvollständige Entgasung älterer detritärer oder metamorpher Glimmer für eine leichte Erhöhung der erhaltenen Alterswerte verantwortlich sein. Die Unterschiede zwischen Grob- und Feinfraktion der beiden unmittelbar benachbarten Proben geben einen gewissen Hinweis daraufhin.

Glimmerquarzite und Serizitschiefer der beiden klassischen Lokalitäten Köflach und Raasberg-Weiz erwiesen sich wegen der starken Verwitterung bislang als ungeeignet für eine verlässliche Datierung. Angesichts der Tatsache, daß die tieferen Teile des Grazer Paläozoikums von einer verbreiteten kretazischen Aufwärmung erfaßt wurden, erscheint die geochronologische Erfassung des Serienalters der Raasbergserie an den beiden Lokalitäten mit einfachen Methoden auch kaum aussichtsreich.

Ein feinkörniger Biotit aus den tiefen Schiefern von Passail (Probe von Dr. L. WEBER, Bohrung Arzberg) ergab ebenfalls ein kretazisches K/Ar-Alter (106 ± 10

Mio. J., Biotit intensiv mit Chlorit und Rutil verwachsen). Ob diese Biotite eine erstmalige alpine Neubildung darstellen, kann derzeit nicht beantwortet werden. Sie waren jedoch bei der letzten intensiven Fältelung des Gesteins – die wir für eine alpine Strukturprägung halten – schon vorhanden, blieben stabil und konnten rekristallisieren. Es ist bemerkenswert, daß in den hangenden Staurolithschiefern des Radegunder Kristallins unter dem Schöckelkalk auch eine jüngste tektonische Phase mit gleicher Deformationscharakteristik wie in den Passailer Schieferen auftritt.

Es zeichnet sich hier einmal mehr folgendes ab: Die Basalfläche des Grazer Paläozoikums stellt eine altalpine Bewegungsfläche dar. Variszisches Kristallin und Paläozoikum wurden einer gemeinsamen Metamorphose unterworfen, die im Kristallin auch mit einer recht intensiven Strukturprägung verbunden war. Ursprüngliche primäre Mächtigkeiten der Metamorphoseprofile wurden durch das Andauern des tektonischen Transportes wieder zerstört.

Der Bereich Steinberg W Graz

Im Zusammenhang mit den paläomagnetischen Untersuchungen im Bereich der Barrandeikalke wurde versucht, die Intensität einer allfälligen variszischen Metamorphose abzuklären. Die Proben WAP 221 und 222 stammen von derselben Lokalität wie die paläomagnetischen Proben und zwar: Steinberg, W Graz, N der Steinbergstraße, wo rote Illittone in den Barrandeikalken eingeschaltet sind. Von beiden Proben wurden Gesamtgestein und die Fraktion $<2\mu$ untersucht (Tab. 1). Für die Probe WAP 221 ergaben beide Untersuchungen genau dasselbe Ergebnis, nämlich 176 Mio. J. Für die Probe WAP 222 erhielten wir für das Gesamtgestein einen höheren Wert als für die Fraktion $<2\mu$. Beide Werte sind zudem niedriger als die konkordanten Werte der Probe WAP 221. Die Erklärung für diesen Sachverhalt liegt offenbar darin, daß Probe 222 leichte Knickfalten und eine starke Zerklüftung aufweist. Eine spätere, lokale tektonische Beanspruchung hat hier offenbar zu einem verstärkten Verlust an radiogenem Ar geführt, die in der feinkörnigen Fraktion größer war als für die gröberkörnigen Anteile des Gesteins.

Nach bisherigen Erfahrungen der Anwendung der K/Ar-Methode an Gesteinen im Übergangsbereich Diagenese/schwache Metamorphose meinen wir diese Mischalter folgendermaßen interpretieren zu können. Die Illite (detritische Hellglimmerrelikte fehlen, die Illitkristallinität ist sehr gut, es liegen jedoch keine standardisierten Messungen vor) erfuhren vermutlich eine erste Fixierung ihres K/Ar-Alters durch eine sehr schwache variszische Metamorphose. Die kretazische Wiederaufwärmung erzeugte nur einen Teilverlust des radiogenen Argons und somit eine Verjüngung. Die alpine Aufwärmung überschritt vermutlich kaum 250°C . Werfener Schiefer, die meist resistenterer Hellglimmer aufweisen, zeigen in der beginnenden und mittleren Anchizone ähnliche Modellalter. Die Daten sind, für sich genommen, zwar nicht schlüssig, doch aus der Gesamtsituation meinen wir doch daraus den Hinweis ableiten zu können, daß in den höchsten Teilen des Grazer Paläozoikums für den heutigen tektonischen und metamorphen Zustand die variszischen Ereignisse maßgeblicher waren.

Probe	untersuchtes Mineral	% K	Ar ⁴⁰ rad 10 ⁻⁶ cm ³ STP/g	% rad	Alter Mio. J.
WAP 196 Serizitschiefer Breitenau	Hellgl. <2μ	6.99	27.38	97.17	98 ± 5
WAP 197 —"—	Hellgl. 6—20μ	8.10	39.61	96.65	121.5 ± 6.3
WAP 221 rote Tonschiefer Steinbergstraße W Graz	Gesamtgest.	3.88	27.91	98.26	176.1 ± 9
—"— —"—	Hellgl. <2μ	5.34	33.64	96.82	177.1 ± 9
WAP 222 —"—	Gesamtgest.	3.55	22.86	96.4	158.5 ± 8
—"— Probe stark geklüftet	Hellgl. <2μ	4.90	27.36	92.51	138.2 ± 7

$$\lambda^{40}\text{K}_{\beta^-} = 4.962 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}; \quad \lambda^{40}\text{K}_{e_1+2} = 0.581 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1};$$

⁴⁰K = 0.01167 K, Atomprozent

$$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}_{\text{Luft}} = 295.5; \quad \text{Fehler} = \pm \frac{\text{Alter} \times 3}{\% \text{ rad}}$$

Tab. 1: K/Ar Altersdaten aus dem Grazer Paläozoikum

Literatur

- EBNER, F.: Der paläozoische Untergrund in der Bohrung Waltersdorf 1 (S Hartberg, Oststeiermark). — Mitt. österr. geol. Ges., **68** (1975), 5—11, Wien 1978.
- EBNER, F., F. NEUBAUER & J. PISTOTNIK: Vorbericht über stratigraphische Untersuchungen im Altpaläozoikum südlich und westlich von Murau. — Anz. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., **114**, 21—26, Wien 1977.
- EBNER, F. & WEBER, L.: Die geologisch-tektonischen Verhältnisse zwischen Tannebenstock und Rötischgraben (Grazer Paläozoikum). — Mitt. naturw. Ver. Stmk., **108**, 95—113, Graz 1978.
- FLUGEL, H.: Die tektonische Stellung des „Altkristallins“ östlich der Hohen Tauern. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1960**, 202—220, Stuttgart 1960.
- FLUGEL, H.: Die Geologie des Grazer Berglandes (Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100.000). Mit Beiträgen von A. ALKER, V. MAURIN, M. MOTTL und A. THURNER. — Mitt. Museum Bergb. Geol. & Techn., **23**, 212 S., 4 Abb., Graz 1961.
- FLUGEL, H.: Versuch einer geologischen Interpretation einiger absoluter Altersbestimmungen aus dem ostalpinen Kristallin. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1964**, 613—625, Stuttgart 1964.
- FLUGEL, H.: 140 Jahre geologische Forschung im Grazer Paläozoikum. — Mitt. naturw. Ver. Stmk., **88**, 51—78, Graz 1958.
- FLUGEL, H. & V. MAURIN: Triasverdächtige Gesteine am Südrand des Grazer Paläozoikums. — Der Karinthin, **1957**, 198—206, Hüttenberg 1957.
- KANTOR, J. & FLUGEL, H.: Altersbestimmungen an Gesteinen des Steirischen Kristallins. — Anz. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., **1964**, 225—226, Wien 1964.