

FORSCHUNGSERGEBNISSE IM OST- UND SÜDALPINEN PERM

Zur Geochemie der postvariszischen Basis-Serien im westlichen Drauzug, Kärnten-Osttirol

Von G. KURAT, G. NIEDERMAYR, J. KORKISCH und R. SEEMANN

(Mit 2 Abbildungen und 2 Tabellen)

In Sedimenten der postvariszischen Transgressionsserien des alpinen Bereichs sind mehrere Uranvererzungen bekanntgeworden (BÄCHTIGER 1963, SCHULZ & LUKAS 1970, MITTEMPERGER 1972 u. a.). Eine umfassende geochemische Studie dieser Gesteine im österreichischen Raum ist jedoch noch ausständig. Im Anschluß an bereits laufende geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen (RIEHL-HERWIRSCH 1972, NIEDERMAYR 1974) wurde daher mit einer geochemischen Studie begonnen, die speziell die U-Th-Verteilung, aber auch die Verteilung einiger anderer Elemente (Fe, V, Cu, Sr, Ba, Na, K, La, Eu, Sc, Hf) zum Gegenstand hat. Die Arbeiten wurden im vergangenen Sommer mit Geländeaufnahmen und Beprobungen in den Lienzer Dolomiten und mit der Beprobung von Vergleichsprofilen aus dem übrigen Drauzug begonnen. Zusätzlich stand noch eine umfangreiche Probensammlung aus dem Bereich von Kötschach zur Verfügung. Die ersten Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen hier in kurzer Form mitgeteilt werden. Eine ausführliche Darstellung der bisher ermittelten Daten findet sich im Forschungsbericht an die IAEA (KURAT 1974).

Die Analysen wurden am Analytischen Institut der Universität Wien und im Labor Seibersdorf der International Atomic Energy Agency durchgeführt.

Wir danken Frau Dr. I. STEFFAN und Herrn H. GROSS (Analytisches Institut) sowie Herrn Dr. O. SUSCHNY (Labor Seibersdorf) für die Erstellung der Analysen.

Diese Arbeit wurde von der International Atomic Energy Agency (Kontrakt Nr. 1374/RB) und vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt Nr. 1662) finanziell unterstützt.

ANALYTIK

Bisher wurden 40 Proben untersucht. Zunächst wurden die Gehalte an U (Fluorometrie, KORKISCH & STEFFAN 1972), Th (Spektrometrie, KORKISCH & DIMITRIADIS 1973), Fe (Titrimetrie), V und Cu (Atom-Absorptions-Spektrophotometrie) bestimmt. Aus technischen Gründen konnte bisher nur ein Teil der Proben auf ihre Gehalte an Ba, Sr (Atom-Absorptions-Spektrometrie) und Na, K, La, Eu, Sc und Hf (Instrumentelle Neutronen-Aktivierungs-Analyse) untersucht werden.

Tabelle 1: Schematisierte Seriengliederung der postvariszischen Basis-Serie im westlichen Drauzug.

Serie (Altersstellung)	Mächtigkeit (in Metern)	Gesteinsbestand (vereinfacht)
Werfener Schichten (Skyth)	bis ca. 250 m	rauhwackige Kalke und Dolomite, mit örtlich Gips graue und graugrüne Ton-, Silt- und Sandsteine mit variierendem Karbonatanteil violette Schiefer, rote Sandsteine und Feinkonglomerate
Hangende Serie = Permoskythsandstein (Oberrotliegend-Skyth?)	bis ca. 200 m	dünnbankige, hellrote Sandsteine („Übergangsschichten“) mächtige Bänke roter Sandsteine und Konglomerate Basalbrekzie bzw. Konglomerat (nur örtlich)
Quarzporphyr (?)	0 bis 50 m	Quarzporphyre und Quarzporphyr- tuffe; teils ignimbrisch
Liegende Serie (Oberkarbon- Unterrotliegend)	0 bis ca. 100 m	tiefrote bis rötlichviolette Sand- und Siltsteine — mit linsigen Kalk- einschaltungen und Kalk- konkretionen — alternierend mit Brekzien- und Konglomeratbänken graue und graugrüne Schiefer, Sand- und Siltsteine, sowie Feinbrekzien — teilweise mit Sideritknollen und Pflanzenresten
	0 bis 20 m	Basalbrekzie, mit grauem oder rotem Bindemittel

SEDIMENTOLOGIE

Eine stratigraphische Einordnung der postvariszischen Basis-Serien des Drauzugs gibt MOSTLER (1972 a), der analog zum Mittelkärntner Raum (RIEHL-HERWIRSCH 1965) und Nordtirol (MOSTLER 1972 b) eine weitgehend lithostratigraphische, durch Sporen ergänzte Gliederung dieser Schichten durchführen konnte. Pflanzenfunde an der Basis dieser Schichtfolge (SCHERIAU-NIEDERMAYR & NIEDERMAYR 1974) haben im Bereich Kötschach nach den bisherigen Bestimmungen eindeutig ein Oberkarbon-Alter, und zwar Stefan B, ergeben (VAN AMEROM, in diesem Band). Eine schematisierte Gliederung der postvariszischen Basis-Serie gibt Tabelle 1. Vereinfacht ist auch der Gesteinsbestand der jeweiligen Einheit angeführt.

Einige petrologische Daten zur Sedimentologie der betreffenden Gesteine gibt NIEDERMAYR (1974). Demnach sind die Gesteine der Liegendserie als Brekzien, Feldspatwacken sowie lithische Arenite, Quarzarenite und Silt- und Tonsteine zu bezeichnen. Die Färbung ist überwiegend dunkelrot bis rötlichviolett, vor allem in den Liegendanteilen der Schichtfolge sind aber auch graue bis graugrüne Farbtöne vertreten. Linsige Karbonateinlagerungen und Karbonatkonkretionen — bis zur Septarienbildung — sind in den höheren Anteilen der Liegendserie, Toneisensteine in Verbindung mit Kohleschmitzen und Pflanzenresten an deren Basis festzustellen. Die lutitische Matrix der Rudite und Arenite zeigt deutlich Rekrystallisationserscheinungen. Muskovit-Illit, Kaolinit und Chlorit sind neben Hämatit, dem Farbträger der Rotsedimente, Hauptbestandteile der Matrix, wobei Illit und Chlorit in den grau- und graugrün gefärbten Gesteinen deutlich überwiegen. Für diese Gesteine ist auch ein höherer Feldspatgehalt, hauptsächlich Albit-Oligoklas, typisch. Interessanterweise ist der Fe- und V-Gehalt in diesen Gesteinen im Durchschnitt deutlich höher als in den Rotsedimenten (Tabelle 2). Die Sortierung der Gesteine ist mittelmäßig bis ausgesprochen schlecht. Die Basis der Liegendserie bildet ein grauer, aber auch rot gefärbter, extrem schlecht sortierter Regolith. Er besteht aus Komponenten des unterlagernden Kristallinsokkels mit überwiegend Gangquarzen und Quarziten und wechselnden Gehalten an Glimmerschiefern, Phylliten, seltener Gneisen und Kieselschiefern. Der Regolith ist im allgemeinen nur wenige Meter mächtig, kann bereichsweise fehlen, ist aber auch des öfteren das einzige Sediment der Liegendserie und liegt dann direkt unter Quarzporphyr bzw. Permoskythsandstein.

Am Top der Liegendserie bzw., wo diese fehlt, an der Basis des Permoskythsandsteins, befinden sich saure Vulkanite. Es sind dies Quarzporphyrtuffe, die vor allem in den Lienzer Dolomiten bis zu 50 m Mächtigkeit erreichen und hier auch eine Dreiteilung erkennen lassen. An der Basis liegt ein dicht verschweißter, bereichsweise mit

Tabelle 2: Gemittelte Elementkonzentrationen der bisher untersuchten Proben aus dem Drauzug (Minimal- und Maximalwerte sind jeweils in Klammern gesetzt).

Serie	Proben- zahl	Fe mg/g	U ppm	Th ppm	V ppm	Cu ppm	Th/U
Werfener Schichten Sand- und Siltsteine, Schiefer	7	19,2 (3,3—36,4)	1,5 (0,5 — 2,4)	6,0 (1,3—16,0)	51,7 (9,2—103,1)	24,0 (5,5 — 42,5)	3,96
Permoskythsandstein Sandsteine und Konglomerate	5	14,9 (10,2—22,1)	2,3 (0,7 — 7,6)	6,8 (5,5— 8,0)	31,8 (17,9— 42,0)	20,4 (8,5 — 32,3)	5,44
Kohliges Material	1	38,5	5,4	7,6	93,7	8,3	1,40
Quarzporphyr	2	10,2 (9,9—10,6)	2,1 (1,3 — 2,9)	11,6 (11,2—12,0)	9,3 (6,9—11,8)	16,2	6,38
Liegende Serie Sand- und Siltsteine Konglomerate und Breckzien	17	36,8 (5,9— 89,4)	2,5 (0,5 — 11,2)	6,0 (2,0—10,4)	117,5 (17,5—192,0)	82,7 (2,63—700,0)	3,92
Kalke	3	15,5 (13,6—18,5)	0,95 (0,25— 2,3)	3,4 (2,3— 4,7)	42,0 (21,2— 59,4)	21,0 (3,2 — 34,4)	10,32
Kohliges Material (aus Siltsteinen)	3	83,8 (2,7—227,3)	147,2 (2,1 —437,5)	4,7 (1,6— 8,5)	149,5 (5,0—408,0)	28422 (5,8 —85000)	0,9
Karbon (Nörsch) Sandstein und Schiefer	2	58,7 (54,4— 63,1)	1,4 (0,47— 2,32)	5,5 (5,0— 6,0)	163,5 (140,0—187,0)	81,0 (33,0 —129,0)	6,39

Kristallinkomponenten durchsetzter und von Jaspisäderchen durchzogener Quarzporphyr. Darüber folgt ein „violetter“ Quarzporphyr, und den Abschluß bildet ein hellroter bis rötlichbrauner, fein- bis mittelkörniger Quarzporphyr. Eine eingehende petrologische Bearbeitung dieser Vulkanite ist noch ausständig.

Auf dem Quarzporphyr bzw. direkt über Kristallin liegt der Permoskythsandstein, der in seinen Liegendanteilen bereichsweise grobe Brekzien, hauptsächlich aber Porphyrkonglomerate führt (SCHERIAU-NIEDERMAYR & NIEDERMAYR 1973). Der ganze Komplex besteht aus einer Vielzahl sich meist unregelmäßig verzahnender Sedimentationszyklen, beginnend mit einem oft bis zu mehreren Metern mächtigen Konglomerat und nachfolgend geringmächtigen Sand- und/oder Siltsteinen. Ausgesprochen tonige Sedimente fehlen. Die Sortierung der Arenite ist gegenüber den Gesteinen der Liegendserie wohl besser und als gut bis mittelmäßig zu charakterisieren. Die Matrix besteht in der Hauptsache aus Serizit und Illit; Kaolinit und Chlorit fehlen nicht ganz, sind aber nur untergeordnet vertreten. Etwas Feldspat ist immer vorhanden, wobei es sich dabei hauptsächlich um Alkalifeldspat, und zwar größtenteils um Mikroklin, handelt. Im Hangenden des Permoskythsandsteins folgt ein Stapel dünngebankter, oft schräggeschichteter Sandsteine („Übergangsschichten“).

Fast weiße, durch Limonit leicht bräunlich verfärbte Quarzarenite bis Quarzite sowie lithische Arenite leiten zur Werfener Entwicklung über. Insgesamt ist die Sedimentationsenergie wesentlich geringer als in den unterlagernden Schichten; grobklastische Sedimente treten weitgehend zurück. Karbonat, teils Fe-haltig, wird ein wesentlicher Bestandteil des detritären Materials. Es überwiegen graue, graugrüne und bräunliche Silt- und Tonsteine, obwohl auch rote und violette Lagen nicht fehlen und dann als Leithorizonte über größere Distanz zu verfolgen sind. Organische Reste, kohliges Material und Muschelabdrücke sind bereichsweise häufig. Nach den bisherigen Daten handelt es sich wahrscheinlich um küstennahe Flachwassersedimente, die gebietsweise im Hangenden mit einer Salinarphase abschließen (Laas, Monsell bei St. Daniel, Reißkofelbad usw.).

GEOCHEMIE

Obwohl die Probenanzahl noch zu gering für eine umfassende geochemische Charakterisierung der Gesteine des Drauzugs ist, können jedoch schon einige Gesetzmäßigkeiten festgestellt werden:

1. Uran-Thorium (Tabelle 2, Abb. 1)

Abgesehen von den beiden Proben aus dem Nötscher Karbon haben die Sandsteine und Brekzien der Liegendserie U- und Th-

Gehalte sowie ein Th/U-Verhältnis, welches typisch für Sandsteine ist (MURRAY & ADAMS 1958, PLILER & ADAMS 1962, MAHDAVI 1964, MO et al. 1973). Im Gegensatz dazu haben die größtenteils konkretionären Karbonate im Vergleich zu den in der Literatur angeführten Werten im Schnitt höhere Th- und wesentlich niedrigere U-Konzentrationen (ADAMS & WEAVER 1958, ROSHOLT et al. 1961). Daraus resultiert ein ungewöhnlich hohes Th/U-Verhältnis.

Die bisherigen Analysen erbrachten erst einen einzigen nennenswert höheren U-Wert aus einem Tonstein der Liegendserie NW Lanz bei Köttschach. Hier ergab ein im Sediment eingebettetes und mit Chalkopyrit teilweise vererztes kohliges Material 437 ppm U, was etwa einer 100fachen Anreicherung gegenüber dem umgebenden Gestein entspricht. Der Th-Gehalt ist jedoch nur geringfügig höher und scheint vom Gehalt an organischer Substanz kaum beeinflusst. Dies kommt in Abb. 1 deutlich zum Ausdruck. Sämtliche Proben mit einem Th/U-Verhältnis um 1 sind reich an organischer Substanz. Die bevorzugte Bindung des Urans durch organische Substanzen ist

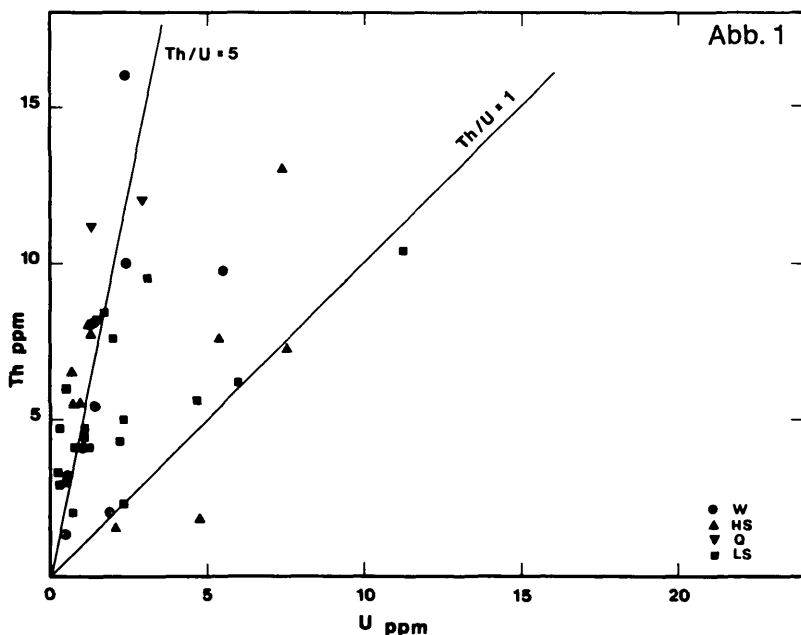


Abb. 1: Th-U-Verteilung in Gesteinen der postvariszischen Basis-Serie des westlichen Drauzugs. LS = Liegende Serie, HS = Hangende Serie, Q = Quarzporphyr, W = Werfener Schichten. Die Geraden mit einem Th/U-Verhältnis von 1 und 5 sind willkürlich gewählt.

wohlbekannt und wurde auch in uranföhrhenden permoskythischen Sedimenten des Tiroler Raumes beobachtet (SCHULZ & LUKAS 1970).

Die Quarzporphyre entsprechen in ihren U- und Th-Gehalten sowie im Th/U-Verhältnis etwa granitischen Gesteinen (ROGERS 1964, PHAIR & GOTTFRIED 1964).

Die Sandsteine und Feinkonglomerate des Permoskythsandsteins sind ihrem Chemismus nach, mit Ausnahme des V-Gehaltes, den Quarzporphyren ahnelich (Tabelle 2). Dies entspricht etwa dem Gelandebefund, der eine wesentliche Beteiligung von Quarzporphyrmaterial am Aufbau des Permoskythsandsteins (Quarzporphyngerollfuhrung) annehmen läst. Die Ergebnisse der Schwermineralanalysen, speziell die Untersuchungen an akzessorischen Zirkonen stimmen zunächst mit dieser Beobachtung nicht überein (NIEDERMAYR 1974). Der Permoskythsandstein ist aber zweifellos ein auf einer Peneplain abgelagertes Sediment mit weit entfernt liegendem Einzugsgebiet, dessen Material sich naturgemäß in der Feinfraktion, und hier wieder besonders im Schwermineralbestand, widerspiegelt. Das Einzugsgebiet der Quarzporphyngerolle liegt demgegenüber sicher näher dem Ablagerungsraum und ist daher auch in der Hauptsache an der den pauschalen Chemismus bestimmenden Grobfraktion beteiligt.

Die Verdünnung durch Fremdmaterial und auch die intensivere Aufbereitung kommen in den Werfener Schichten noch stärker zum Ausdruck, womit sich die U- und Th-Werte wieder der für Sedimente typischen Verteilung angleichen.

Die Verteilung von U und Th in den Sedimenten der Hangenden Serie und der Werfener Schichten wird also im wesentlichen von deren Gehalt an vulkanischen Komponenten (Quarzporphyr) bestimmt und gibt ein Maß für die Aufarbeitung dieses Materials während der Verwitterung und des Sedimenttransports zur Zeit von Karbon und Perm.

Positive U-Anomalien sind, ahnelich dem Cu, hauptsächlich an Sedimente gebunden, welche reich an organischem Material sind. Der Th-Gehalt wird hingegen wenig beeinflusst.

Die Bindung von U und Cu (s. u.) an organisches Material entspricht vergleichbaren Bildungen in Europa, etwa in Jugoslawien (PROTI et al. 1972), im Kupferschiefer N-Deutschlands (WEDEPOHL 1964) und in Nordamerika (WOODWARD et al. 1974).

2. Eisen und Vanadium (Tabelle 2, Abb. 2).

über die Gehalte an Fe und V informiert die Tabelle 2. Fe und V sind gut korrelierbar, wie dies u. a. auch WEDEPOHL (1964) und HARTMANN (1963) aus dem deutschen Buntsandstein berichten. Die höchsten Fe- und V-Gehalte finden sich, die Karbonat-Gesteine aus-

genommen, in den Sedimenten der Liegendserie, wobei hier gerade die grauen und graugrünen Gesteine die höchsten Konzentrationen aufweisen (bis 89,47 mg/g Fe und bis 192 ppm V). HARTMANN (1963) behandelt das Auftreten und Verhalten des Vanadiums in permotriadischen Sedimenten Deutschlands und hebt die enge Bindung dieses Elements an Hämatit, Tonsubstanz und organisches Material hervor. Auch in unserem Fall fallen die relativ hohen V-Gehalte des kohligen Materials aus den Sedimenten der Liegendserie und des Permoskythsandsteins auf (Tabelle 2). In den an Pflanzenresten reichen grauen Silt- und Tonsteinen sind Sideritlagen bzw. Sideritkongregationen häufig und wohl analog den aus anderen Sedimentationsbecken des Permokarbons beschriebenen Toneisensteinbildungen zu deuten (FÜCHTBAUER & MÜLLER 1970).

Die relativ hohen Fe- und V-Gehalte der Liegendserie unterstützen den sedimentpetrographischen Befund, daß zur Zeit ihrer Entstehung alkalische Verwitterungsbedingungen herrschten.

Quarzporphyr und Permoskythsandstein haben geringe Fe- und V-Werte, hingegen steigen die Konzentrationen dieser beiden Elemente in den Werfener Schichten wieder deutlich an.

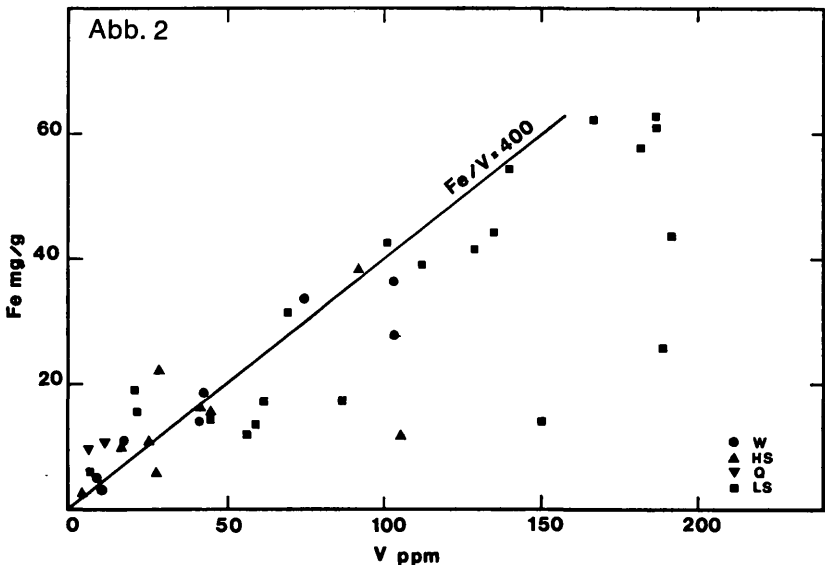


Abb. 2: Fe-V-Verteilung in Gesteinen der postvariszischen Basis-Serie des westlichen Drauzugs. LS = Liegende Serie, HS = Hangende Serie, Q = Quarzporphyr, W = Werfener Schichten. Die Gerade mit dem Fe/V-Verhältnis von 400 ist willkürlich gewählt.

Die Fe- und V-Gehalte sind mit den wenigen bisher zur Verfügung stehenden Sc-Gehalten korrelierbar (s. u.). Alle anderen Elemente zeigen keine klare Beziehung zum Fe- bzw. V-Gehalt.

3. Kupfer

Die Cu-Gehalte der untersuchten Sedimente variieren sehr stark, liegen aber im unteren Bereich der für Sedimente als typisch ermittelten Werte (RANKAMA & SAHAMA 1950). Höhere Cu-Gehalte sind praktisch immer an organisches Material gebunden und können in Pflanzenresten recht groß werden. Erwähnenswert sind in dieser Hinsicht besonders mit Chalkopyrit vererzte Holzreste aus einem Tonstein der Liegendserie NW Lanz bei Kötschach, die auch durch ihren hohen U-Gehalt auffallen (s. o.).

4. Strontium und Barium

Von den oft als Milieuindikatoren verwendeten Elementen Sr und Ba liegen derzeit noch zu wenige Analysenwerte vor, um weitreichende Aussagen machen zu können. Die bisherigen Ba-Daten entsprechen etwa den von PUCHELT (1972) für Sedimente angeführten Werten. Jedenfalls wären höhere Konzentrationen in den als marine Bildungen ausgewiesenen Werfener Schichten (Salinarphase) zu erwarten. Allerdings ergab bisher nur ein karbonatisch zementierter Sandstein aus den Werfener Schichten des Gailbergs einen höheren Ba-Wert (1550 ppm Ba). In den Schwermineralpräparaten und als Kluftbildung in Schiefen und Sandsteinen dieses Niveaus ist aber Baryt öfter festzustellen. Sr ist in den bisher untersuchten Proben eher unterdurchschnittlich vertreten (RANKAMA & SAHAMA 1950). Lediglich ein Sr-Wert einer gipsführenden Rauhwanne aus den Werfener Schichten des oberen Rinsengrabens unterhalb Wurzen an der Südseite des Reißkofels ist mit 1930 ppm Sr erwähnenswert.

5. Andere Elemente

Eine Auswahl kritischer Proben wird auch auf ihren Gehalt an Na, K, Sc, La, Eu und Hf untersucht. Bisher liegen erst Ergebnisse von sechs Proben vor. Deutliche und möglicherweise typische Unterschiede zwischen vergleichbaren Sandsteinen der verschiedenen Serien sind nur bei einigen Elementen erkennbar. So ist das K sowohl in der Liegenden Serie (Durchschnitt von drei Analysen: 2,20 %) als auch in einem Sandstein der Werfener Schichten (3,3 %) in deutlich geringerer Konzentration vorhanden als im Permoskythsandstein (Durchschnitt von zwei Analysen: 5,15 %). Dieser Trend reflektiert wiederum (ähnlich wie U und Th) den hohen Anteil von Quarzporphyr-Detritus in den Sedimenten des Permoskythsandsteins.

Ein weiterer deutlicher Unterschied scheint in den Sc-Gehalten auf, die von der Liegenden Serie (Durchschnitt von drei Analysen: 14,4 ppm) über den Permoskythsandstein (Durchschnitt von zwei Analysen: 5,6 ppm) zu einem Sandstein aus den Werfener Schichten abnehmen. Diese Abnahme im Sc-Gehalt geht konform mit einer Abnahme des Fe-Gehaltes in diesen sechs Proben (38,21 — 15,70 — 11,34 mg/g Fe), eine Tendenz, welche durch eine bevorzugte Absorption von Sc^{+3} an Fe^{+3} -Hydroxiden erklärt werden kann (TUREKIAN & WEDEPOHL 1961). Sc wird im allgemeinen auch in Residualsedimenten angereichert. Dies ist in Übereinstimmung mit den sediment-petrographischen Befunden, die für die Sedimente der Liegenden Serie zumindest teilweise lateritische Verwitterungsbedingungen wahrscheinlich machen (NIEDERMAJR 1974).

ZUSAMMENFASSUNG

Verschiedene Gesteine der postvariszischen Basis-Serie im westlichen Drauzug, Kärnten—Osttirol, wurden auf ihre Gehalte an U, Th, Fe, V, Cu, Sr und Ba, ein kleiner Teil davon auch auf Na, K, Sc, La, Eu und Hf untersucht. Trotz beschränkter Probenzahl (40) sind jedoch einige Charakteristika und Trends erkennbar:

1. Die U-, Th- und K-Gehalte des Permoskythsandsteins sind auf den hohen Anteil von schlecht aufbereitetem Quarzporphyr in diesen Sedimenten zurückzuführen. Dies deutet auf eine relativ trockene Verwitterung und relativ kurze Transportwege für das Quarzporphyrmaterial hin.

2. Positive U- und Cu-Anomalien sind an organisches Material (hauptsächlich Pflanzenreste) gebunden.

3. Die Fe-, V- und Sc-Gehalte sind gut korrelierbar und am größten in den Sedimenten der Liegendserie. Dies deutet auf lateritische Verwitterungsbedingungen hin.

ABSTRACT

A variety of rocks of the post-Variscian basis series of the Western Drauzug, Carinthia—Eastern Tyrol, have been analyzed for U, Th, Fe, V, Cu, Sr and Ba, a small fraction also for Na, K, Sc, La, Eu and Hf. Although only 40 samples have been analyzed so far some characteristics and trends can already be recognized:

1. The contents of U, Th and K of the "Permoskythsandstein" is clearly governed by the high proportion of relatively unweathered quartzporphyry debris in these sediments. This indicates a relatively dry weathering environment as well as short transportation paths.

2. Positive U and Cu anomalies are closely related to organic materials (mainly plant remains).

3. Fe, V and Sc contents correlate fairly well and are highest in sediments of the Lower Series (Liegendserie). This indicates a lateritic weathering environment.

L I T E R A T U R

- ADAMS, J. A. S., & WEAVER, C. E. (1958): Thorium to uranium ratios as indicators of sedimentary processes — an example of geochemical facies. — *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 42:387.
- BÄCHTIGER, K. (1963): Die Kupfer- und Uranmineralisation der Mürtchenalp (Kt. Glarus, Schweiz). — *Diss. Univ. Zürich*, 114 S.
- FÜCHTBAUER, H., & MÜLLER, G. (1970): *Sedimente und Sedimentgesteine*. — *Sediment-Petrologie*, 2, 726 S., Stuttgart.
- HARTMANN, M. (1963): Einige geochemische Untersuchungen an Sandsteinen aus Perm und Trias. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, 27:459—499.
- KORKISCH, J., & STEFFAN, I. (1972): Uranbestimmungen in geologischen Proben nach Abtrennung des Urans durch Anionenaustausch. — *Microchimica Acta*, 6:837—860.
- KORKISCH, J., & DIMITRIADIS, D. (1973): Anion-exchange separation and spectrophotometric determination of Thorium in geological samples. — *Talanta*, 20:1199—1205.
- KURAT, G. (1974): U-Th-geochemistry of permian and triassic sediments of the Drauzug, Austria. — *Progress Report, Contract no. 1374/RB, IAEA Wien*, 26 S.
- MAHDAVI, A. (1964): Thorium, uranium and potassium contents of Atlantic and Gulf Coast beach sand. — In: J. A. S. ADAMS & W. M. LOWDER (eds.): *The Natural Radiation Environment*, Univ. of Chicago Press.
- MITTEMPERGER, M. (1972): The Paleogeographical, Lithological and Structural Controls of Uranium Occurrences in the Alps. — 2. *Internat. Symp. on the Mineral Deposits of the Alps, Ljubljana*: 63—76.
- MO, T., SUTTLE, A., & SACKETT, W. M. (1973): Uranium concentrations in marine sediments. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, 37:35—51.
- MOSTLER, H. (1972 a): Die permoskythische Transgressions-Serie der Gailtaler Alpen. — *Verh. Geol. B.-A.*: 143—149.
- (1972 b): Zur Gliederung der Permoskyth-Schichtfolge im Raume zwischen Wörgl und Hochfilzen (Tirol). — *Verh. Geol. B.-A.*: 155—162.
- MURRAY, E. G., & ADAMS, J. A. S. (1958): Amount and distribution of thorium, uranium and potassium in sandstones. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, 13: 260—269.
- NIEDERMAYR, G. (1974): Gedanken zur lithofaziellen Gliederung der postvariszischen Transgressions-Serie der westlichen Gailtaler Alpen, Österreich. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 66:105—126.
- PHAIR, G., & GOTTFRIED, D. (1964): The Colorado Front Range, Colorado, USA, as a uranium and thorium province. — In: J. A. S. ADAMS & W. M. LOWDER (eds.): *The Natural Radiation Environment*, Univ. of Chicago Press.
- PLILER, R., & ADAMS, J. A. S. (1962): The distribution of thorium, uranium and potassium in the Mancos Shale. — *Geochim. Cosmochim. Acta*, 26:1115—1135.

- PROTIČ, M., RADOŠEVIČ, St., & GRAD, K. (1972): Terrigene Permablagerungen als uranführende Sedimente in Slowenien. — 2. Internat. Symp. on the Mineral Deposits of the Alps, Ljubljana: 77—88.
- PUCHELT, H. (1972): Barium — In: Handbook of Geochemistry II—3, exec. Ed. K. H. WEDEPOHL. — Berlin, Heidelberg, New York.
- RANKAMA, K., & SAHAMA, Th. G. (1950): Geochemistry. — Univ. of Chicago Press, Chicago.
- RIEHL-HERWIRSCH, G. (1965): Die postvariszische Transgressionsserie im Bergland östlich vom Magdalensberg (Umgebung des Christofberges), Kärnten — Österreich. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 14—15:229—266.
- (1972): Vorstellung zur Paläogeographie — Verrucano. — Geol. B.-A.: 97—106.
- ROGERS, J. J. W. (1964): Statistical test of the homogeneity of the radioactive components of granitic rocks. — In: J. A. S. ADAMS & W. M. LOWDER (eds.): The Natural Radiation Environment, Univ. of Chicago Press.
- ROSHOLT, J. N., EMILIANI, C., GEISS, J., KOCZY, F. F., & WANGERSKY, P. W. (1961): Absolute dating of deep-sea cores by the $\text{Pa}^{231}/\text{Th}^{230}$ method. — J. Geol., 69:162—185.
- SCHERIAU-NIEDERMAYR, E., & NIEDERMAYR, G. (1973): Vorläufiger Bericht über die, durch neue Pflanzenfunde belegte, postvariszische Transgressions-Serie aus dem Raum Kötschach in den Gailtaler Alpen, Kärnten. — Ann. Naturhist. Museum Wien, 77:115—123.
- SCHULZ, O., & LUKAS, W. (1970): Eine Uranerzlagerstätte in permotriadischen Sedimenten Tirols. — Tschermaks Miner. u. Petrogr. Mitt., 14:213—231.
- TUREKIAN, K. K., & WEDEPOHL, K. H. (1961): Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. — Geol. Soc. Am. Bull., 72:175—192.
- WEDEPOHL, K. H. (1964): Untersuchungen am Kupferschiefer in Nordwestdeutschland; Ein Beitrag zur Deutung der Genese bituminöser Sedimente. — Geochim. Cosmochim. Acta, 28:305—364.
- WOODWARD, L. A., KAUFMANN, W. H., SCHUMACHER, O. L., & TALBOTT, L. W. (1974): Strata-Bound Copper Deposits in Triassic Sandstone of Sierra Nacimiento, New Mexico. — Econ. Geol., 69:108—120.

Anschrift der Verfasser: Dr. Gero KURAT, Dr. Gerhard NIEDERMAYR, Dr. Robert SEEMANN, Mineralogisch-petrographische Abteilung, Naturhistorisches Museum Wien, 1014 Wien; Prof. Dr. J. KÖRKISCH, Analytisches Institut, Universität Wien, Währingerstraße 38, 1090 Wien.