

K-Ar-Systematik der Tonminerale vererzter und unvererzter Mergel der Maxerbänke, Pb-Zn-Lagerstätte Bleiberg, Kärnten

Von MARTIN KRALIK*)

Mit 3 Abbildungen und 3 Tabellen

Kärnten
Drauzug
Pb-Zn-Lagerstätte
Tonmineralogie
Geochemie
K-Ar-Methode

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 200

Zusammenfassung

Aus dem liegendsten erzhöflichen Bereich (Maxerbänke) der Pb-Zn-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth wurden zwei vererzte, drei unvererzte Mergel und eine Tuffitprobe aus dem unterlagernden Wettersteindolomit (+ 1 Tuffit aus dem Wettersteindolomit der Pb-Zn-Lagerstätte Mežica) untersucht. Die Fraktionen $<5 \mu\text{m}$ der vererzten Proben bestehen aus fast reinem Illit mit einem zu Muskovit tendierendem Chemismus und einer guten Illitkristallinität nahe dem Übergangsbereich Diagenese-Anchizone. Die Feinfraktionen ($<5 \mu\text{m}$) der unvererzten Mergel und Tuffite hingegen bestehen aus Illit, Mixed Layer-Mineralien, Kaolinit, Smektit und Chlorit. Diese Illite weisen schlechte diagenetische Kristallinitäten auf und besitzen einen eher phengitischen Chemismus.

Vererzte und unvererzte Proben liegen auf getrennten Trendlinien im ^{40}Ar -K-Diagramm. Negative Durchstichpunkte (-9.8 bzw. $-17.3 \text{ }^{40}\text{Ar}^*\text{cm}^3\text{10}^{-6}\text{STP}$) deuten auf einen sekundären Argonverlust nach der diagenetischen Ausgasung der detritischen und neugebildeten Tonminerale hin. Diese scheinen in den Pb-Zn vererzten Proben während der Mineralisation physiko-chemischen Bedingungen ausgesetzt worden zu sein, die zur Bildung nahezu reiner Illit-Muskovite führten und vermutlich Ar (z. B. an Korngrenzen und Zwischenschichten) besser festhalten können als schlecht kristallisierte Illite, Mixed Layer Minerale und besonders Smektite in den unvererzten Mergeln und Tuffiten.

Summary

Two mineralized and three unmineralized marls have been analyzed from the stratigraphically lowest mineralized part (Maxerbänke) of the Pb-Zn deposit Bleiberg-Kreuth (+ one tuffitic sample from the Wettersteindolomite of the Rublandstollen and the Pb-Zn deposit Mežica) have been investigated by mineralogical and geological methods. The fine fractions ($<5 \mu\text{m}$) of the mineralized samples contain almost pure illites with a muscovite-like chemistry and a crystallinity close to the diagenesis-anchizone border. The fine fractions of the unmineralized marls and tuffites contain illite, mixed layers, kaolinite, smectite and chlorite. The chemistry of the illites is more phengitic and their crystallinity is rather low or extremely low in the tuffites. Mineralized and unmineralized samples plot on two different trend lines in a ^{40}Ar -K diagram but the slope of these lines is nearly identical. The negative intercepts of both trend lines (-9.8 and $-17.3 \text{ }^{40}\text{Ar}^*\text{cm}^3\text{10}^{-6}\text{STP}$) indicate a secondary Ar-loss after the original outgassing of the detrital and newly formed clay minerals during diagenesis. The Pb-Zn mineralized clay mineral samples underwent physico-chemical

conditions which lead to a nearly pure illite-muscovite composition and were thus better suited to retain Ar (e. g. on grain boundaries and in interlayer position) than badly crystallized illites, mixed layers and smectites in the unmineralized marls and tuffites.

1. Einleitung

Das Lagerstättenniveau der Maxerbänke in der Pb-Zn Lagerstätte Bleiberg-Kreuth wurde kürzlich nach neueren geochemisch-petrographischen Gesichtspunkten untersucht (HAGENGUTH, 1984). Es handelt sich um eine Wechsellagerung flachmariner teilweise vererzter Karbonate und Mergel, die unterhalb des Haupterzträgers dem Erzkalk mit seinen „Edlen Flächen“ auftreten.

In den letzten Jahren wurde die K-Ar-Methode vermehrt eingesetzt, um Tonminerale und Feldspäte zu untersuchen, die im unmittelbaren Zusammenhang mit verschiedensten Mineralisationen stehen (JOSEPH et al., 1973; INESON & MITCHELL, 1974, 1979; HALLIDAY, 1980; BONHOMME et al., 1980a; BONHOMME et al., 1983). Es wurden Tonminerale und Feldspäte, die im Kontakt mit verschiedensten niedrig und hochthermalen Vererzungen neugebildet oder umkristallisiert wurden, datiert.

WEAVER & WAMPLER (1970), PERRY (1974) und ARONSON & HOWER (1976) verwendeten die K-Ar-Technik, um Diagenesevorgänge zu studieren. Die letztgenannten Autoren konnten recht anschaulich demonstrieren, daß erst nach der raschen Zunahme von nicht expandierbaren Illitzwischenlagen (20 auf 80 %) in den Mixed Layer Mineralen und dem damit verbundenen Kaliumanstieg, $^{40}\text{Ar}^*$ im entsprechenden zerfallsbedingten Ausmaß zunimmt.

Zusätzlich beobachtete BONHOMME (1982) im Zusammenhang mit Rb-Sr-Datierungen, daß K-Ar-Analysen an unvererzten Tonfraktionen bevorzugt das Alter spätdiagenetischer Veränderungen dokumentieren.

Um einen Hinweis auf das Verhalten der K-Ar-Systematik bei der Vererzung und eventuell Argumente für das Alter der Pb-Zn-Mineralisation zu erhalten, wurden vorerst sieben Feinfraktionen ($<5 \mu\text{m}$) von vererzten und unvererzten Mergeln und Tuffiten mit der K-Ar-Methode untersucht.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. MARTIN KRALIK, Institut für Geologie der Universität Wien, Universitätsstraße 7, A-1010 Wien.

2. Geologisch-stratigraphische Position

Über die Geologie und die lagerstättenkundliche Deutung des Pb-Zn-Bergbaues Bleiberg-Kreuth am Ostrand der Gailtaler Alpen gibt es eine umfassende Literatur, und es sei hier nur auf die zusammenfassenden Literaturarbeiten von TOLLMANN (1977) und TUFAR (1979) verwiesen.

Die hier bearbeiteten Proben stammen aus dem 190 m mächtigen Sedimentkomplex der Maxerbände, der die liegendste Vererzung der Lagerstätte beinhaltet und sich stratigraphisch im ladinischen Wettersteinkalk befindet. Die Maxerbänke sind durch einen ständigen Wechsel zwischen hellen bis mittelbraunen Karbonaten und grau-grünen Mergeln charakterisiert, wobei nur letztere Träger der schichtgebundenen Pb-Zn-Mineralisation sind.

Grüne Tuffitlagen treten unterhalb der Maxerbänke auf (z. B. Rublandstollen Bleiberg und in Mežica, Jugoslawien) und unterscheiden sich von den übrigen Mergeln durch ihren „zähen“ Habitus, ein apatit- und zirkonreiches Schwermineralspektrum und geringere Spurenelementgehalte (HAGENGUTH, 1984).

Während die Stoffherkunft noch weitgehend ungeklärt ist, wird jetzt von den meisten Autoren eine synsedimentäre bis diagenetische Pb-Zn-Mineralisation angenommen (SCHULZ, 1975; TUFAR, 1979).

3. Untersuchungsmethoden

Handstücke der Mergel und Tuffite wurden aufgemahlen und mit 5 %-iger HCl dekarbonatisiert, und im Atterbergzylinder die sogenannte „Fraktion <2 µm“ abgetrennt. Da plättchenförmige Tonminerale um ungefähr einen Faktor 2,5 langsamer absinken (KRALIK, 1983) als für kugelige Äquivalente berechnet, ist mit einem wahren Durchmesser von <5 µm zu rechnen. Die Tonminerale wurden in orientierten Präparaten luftgetrocknet und nach 24 Stunden Äthylenglykol-Behandlung im Röntgendiffraktometer untersucht. Die analytischen Verfahren werden bei HAGENGUTH (1984) im Detail wiedergegeben. Die K-Ar-Untersuchungen wurden, wie bei FRANK et al. (1977) beschrieben, mit Modifikationen (KRALIK, 1983) durchgeführt. Alle Alter wurden mit der von STEIGER & JÄGER (1977) empfohlene Zerfallskonstante berechnet.

4. Resultate und Interpretationen

Die Tonseparate <5 µm bestehen aus Illit, Mixed Layers, Kaolinit, Smektit und Chlorit (Tab. 1). Die Proben der Pb-Zn vererzten Mergel (1103 und 1104; siehe

Gesamtgesteinsanalysen Tab. 2) bestehen fast ausschließlich aus Illit und die Probe 1156, die in der Nähe der Vererzung vorkommt (siehe Tab. 3), besitzt eine erhöhten Illitanteil, die beiden Tuffitproben (1101, 1102) sind durch einen hohen Anteil von Mixed Layers gekennzeichnet. Die Illite der vererzten Mergel zeichnen sich durch eine gute Kristallinität (Abb. 1) nahe der Grenze Diagenese-Anchizone aus. Illite der Probe 1156, aus der Nähe des mineralisierten Bereiches, besitzen eine etwas bessere Kristallinität als die aus den beiden unvererzten Mergeln. Die extrem schlechte Kristallinität der Illite aus den Tuffitproben kann auf das Vorhandensein zwischengeschalteter quellfähiger Phasen zurückgeführt werden. Dieser bereits von HAGENGUTH (1984) an einigen Proben belegte Trend der Illitkristallinitätsverbesserung in Annäherung zur Pb-Zn-Mineralisation wurde auch von der schichtgebundenen, karbonatischen Pb-Zn-Lagerstätte McArthur River (Australien) beschrieben (LOGAN, 1979). KAPPL & SCHROLL (1982) haben erstmals die diagenetische Illitkristallinität im Bleiberger Bereich konstatiert. Sie berichten jedoch auch von einem Fluoreszenzverhalten der bituminösen Substanzen in den Proben, das sich von dem durchwegs positiven Alterationsverhalten in unvererzten Schiefen durch ein negatives in einer vererzten Probe unterscheidet.

Sowohl das Esquevin- (Abb. 1) als auch das Rey-Kübler-Diagramm (Abb. 2) erlauben zwar, materialsparende orientierte Präparate zu verwenden, können aber nur eine ungefähre Einordnung des Illitchemismus wiedergeben. Nach ESQUEVIN (1969) deuten sinkende I_{002}/I_{001} -Verhältnisse der ersten beiden Illitbasalreflexe auf den Ersatz von Aluminium durch Magnesium und Eisen in den Oktaederpositionen hin. In REY-KÜBLERS (1983) Dreiecksdiagramm wurden in ähnlicher Weise aus den prozentuellen Anteilen der Illitbasalintensitäten, die ihrer Reihenfolge nach als I_{001} , I_{002} , I_{005} bezeichnet werden, Bereiche von Phengit und Muskovit mit Standards definiert. Die in Abb. 2 eingetragenen Illitstandards (GAUDETTE et al., 1966) weisen auf deren häufige phengitische Zusammensetzung hin. Die Illite der mineralisierten Proben (1103, 1104) fallen in das Feld der Muskovite (Abb. 2), während die anderen mehr dem phengitischen Trend folgen.

Die mehr phengitische Zusammensetzung des Illits aus dem Tuffit von Mežica (1102) dürfte von dem im Vergleich zum Tuffit des Rublandstollens (1101) fast doppelten Fe- und Mg-Gehalt des Gesamtgesteins (Tab. 2) herzuleiten sein.

Die Gesamtgesteinsanalysen (Tab. 2) unterstreichen den dolomitischen Charakter der vererzten Mergel (Mg/Ca = 0.63 und 1.36) und des Mergels im vererzten Bereich (1156, Mg/Ca = 0.61). Die unvererzten Mergel enthalten Kalzit als Matrix. Am markantesten ist jedoch der extrem hohe Pb- und Zn-Gehalt in Probe 1103 und 1104, gefolgt von erhöhten Werten in Probe 1156.

Tabelle 1: K-Ar-Daten und Mineralogie.

Proben	Mineralogie [%]	Illite			^{40}Ar cm ³ 10 ⁻⁶ STP	Ar rad [%]	Modellalter [Ma]
		IK [°(2θ)]	002/001	K [%]			
WAP 1103	100 ill	.48	.46	5.92	49.6	90	(204±11)
WAP 1104	94 ill, 3 kao, 3 chl, fsp?	.51	.44	6.26	53.0	91	(206±11)
WAP 1101	40 ill, 30 mxl, 25 kao, 5 chl	1.61	.84	4.53	28.4	82	(155± 9)
WAP 1102	60 ill, 40 mxl	1.30	.34	4.38	29.6	78	(166±11)
WAP 1105	50 ill, 40 kao, 10 mxl	1.05	.63	4.37	26.9	80	(152± 9)
WAP 1106	65 ill, 20 sm, 15 kao	.85	.55	4.21	22.9	82	(135± 8)
WAP 1156	75 ill, 25 mxl	.79	.39	5.87	41.7	87	(174±10)

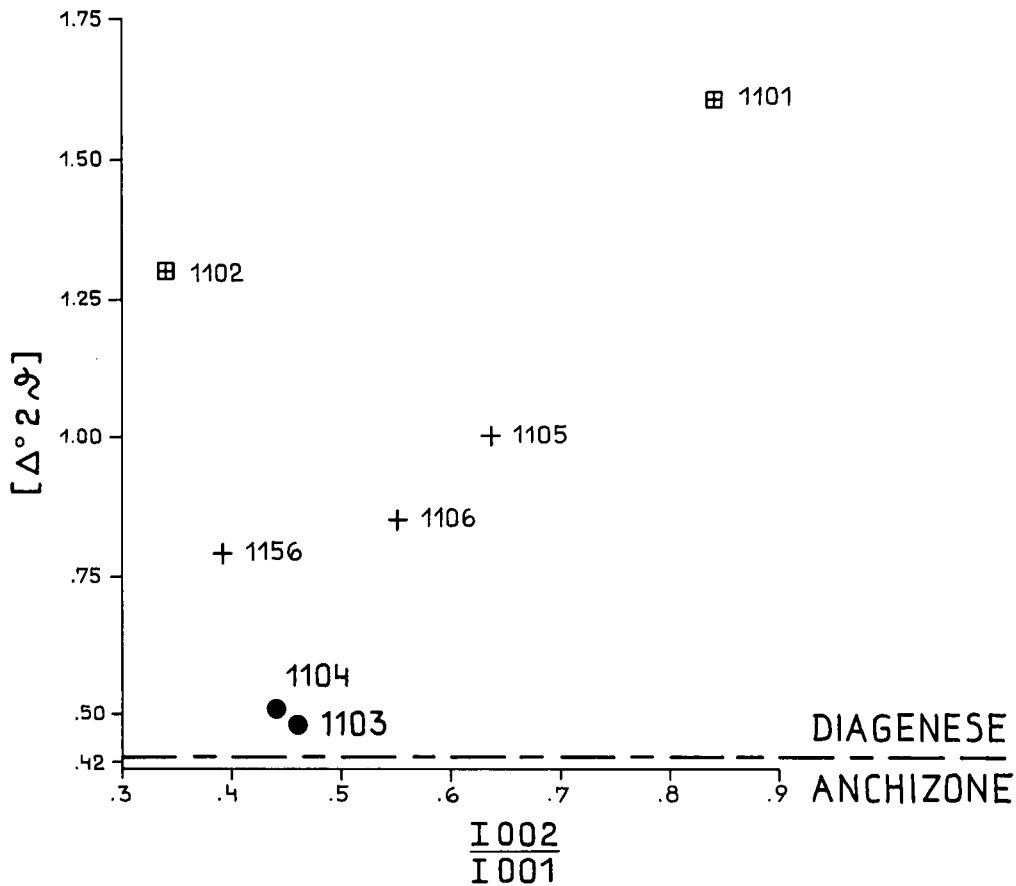


Abb. 1: ESQUEVIN-Diagramm (Illitkristallinität gegen den Quotienten der Intensitäten der ersten beiden Basalreflexe des Illits) der Illite aus vererzten Mergeln (●), unvererzten Mergeln (+) und Tuffiten (⊞).

Die K-Ar-Ergebnisse zeigen, daß sich die Einzel-Mo- dellalter (204 und 206 Ma) der vererzten Proben signifi- kant von den anderen Mergeln und Tuffiten unterschei- den (135–172 Ma, Tab. 1). Stellt man die Analysenda-

ten in einem $^{40}\text{Ar}^*$ -K-Diagramm dar (Abb. 3), ergeben sich bei getrennter Regression der vererzten und un- vererzten Proben zwei mehr oder minder parallele Li- nien mit negativen Durchstichspunkten an der $^{40}\text{Ar}^*$ - Achse. Dieser negative Durchstichspunkt kann nach HARPER (1970) durch einen gleich großen konstanten $^{40}\text{Ar}^*$ -Verlust und/oder gleichgroße K-Aufnahme (LANG- LEY, 1978; BONHOMME, 1982) aller beteiligten Proben nach einer ursprünglichen Ausgasung durch Neubil- dung oder Rekristallisation interpretiert werden. Ob- gleich der Einbau von K bei der Umwandlung von Smektiten und Mixed Layers zu Illiten als nahezu sicher angenommen werden kann, muß auch trotzdem ein Ar- Verlust aufgrund der Größe des negativen Durchstichs- punktes in Rechnung gestellt werden.

Wenn man annehmen kann, daß Ar-Verlust und Zu- nahme in allen in die Regressionsberechnung einbezo- genen Proben annähernd gleich waren, so können dar- aus trotzdem K-Ar-Isochronenalter abgeleitet werden. Jedoch in diesen Fällen ist sowohl die geologische Re- levanz der Modellalter als auch die der in Abb. 3 er- rechneten Regressionsalter, die auf eine synsedimentä- re-diagenetische Vererzung hinweisen würden, zum ge- genwärtigen Zeitpunkt mit den bisherigen Daten nicht hinreichend beurteilbar.

Da es als wenig wahrscheinlich angenommen wird, daß sich die sedimentäre Anlieferung der Tonminerale in den vererzten Mergeln ursprünglich wesentlich von den unvererzten unterschied, dürften die Bedingungen (Temperatur und/oder Chemismus der Lösungen) in den Pb-Zn-vererzten Proben zur Zeit des Ladin (Karn?) eine K-Aufnahme und damit die Umwandlung der

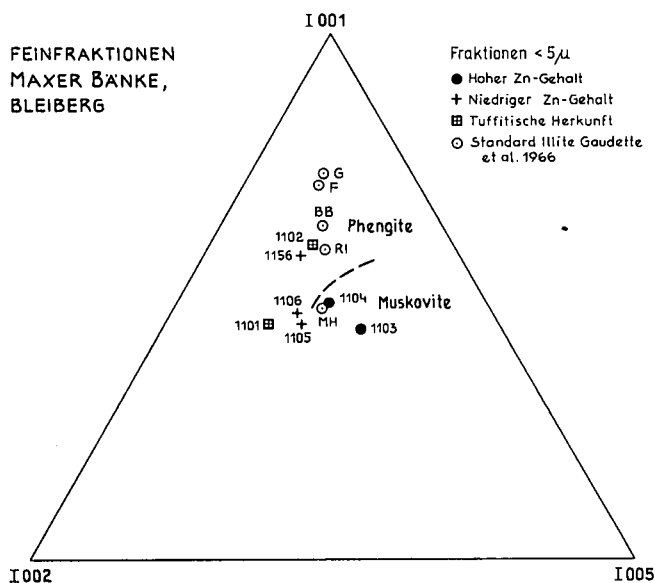


Abb. 2: REY-KÜBLER-(1983)-Diagramm (prozentuelle Anteile der Intensitäten des ersten, zweiten und fünften Basalreflexes) der untersuchten Illite und Illitstandards (GAUDETTE et al., 1966): G = „Grundite“, F = Fithian Illit, BB = Beavers Bend Illit, RI = Rock Island Illit, MH = Marblehead Illit.

Tabelle 2: Gesamtgesteinsanalysen der untersuchten Tuffite und Mergel in %.
(1983; ICP-Analysen nach HAGENGUTH)

Elemente	WAP 1101	WAP 1102	WAP 1103	WAP 1104	WAP 1105	WAP 1106	WAP 1156
Ca	0.37	1.65	6.67	1.14	21.52	14.22	14.07
Mg	1.07	1.85	4.22	1.55	1.29	3.35	8.55
K	3.44	3.34	3.07	2.39	1.93	2.67	2.46
Al	6.06	5.10	7.46	4.56	8.60	7.17	6.83
Na	0.032	0.012	0.094	0.077	0.038	0.056	0.072
Fe	0.72	1.72	2.96	2.22	2.43	2.18	1.77
Mn	0.001	0.001	0.018	0.007	0.011	0.009	0.042
Ti	0.097	0.166	0.237	0.231	0.303	0.317	0.261
Zn	0.0074	0.0195	11.70	22.40	0.0302	0.0142	0.0403
Pb	0.005	0.005	1.44	4.20	0.0120	0.0070	0.0240
Mg/Ca	2.89	1.12	.63	1.36	.05	.23	.61

Tabelle 3: Fundort und Beschreibung der untersuchten Proben.

Proben	Probenbeschreibung	Fundort	Bemerkung
WAP 1101	Tuffit im Wettersteindolomit zwischengesaltet	Bleiberg-Kreuth, Rublandstollen	HAGENGUTH (1983), Nr. Mtu 4, stratigraphisch ca. 80 m hangend von fraglichem Anis
WAP 1102	Tuffit in Wettersteindolomit zwischengesaltet	Mežica, 7. Lauf, Moring, ca. +3390/-750	HAGENGUTH (1983), Nr. Ztu 4
WAP 1103	Mergel, vererzt	Bleiberg-Kreuth, Maxerbänke, Jakobi-Anna, +657/-3525	HAGENGUTH (1983), Nr. J 15
WAP 1104	Mergel, vererzt	Bleiberg-Kreuth, Maxerbänke, Georgi-Stollen, +667/-3560	HAGENGUTH (1983), Nr. G 26
WAP 1105	Mergel	Bleiberg-Kreuth, Maxerbänke, Rublandstollen, 3.9 km-Marke	HAGENGUTH (1983), Nr. M 189
WAP 1106	Mergel	Bleiberg-Kreuth, Maxerbänke, Weinreben, +555/-3390	HAGENGUTH (1983), Nr. R 74
WAP 1156	Mergel, unvererzt im vererzten Bereich	Bleiberg-Kreuth, Maxerbänke, Georgi-Stollen, +670/-3560	HAGENGUTH (1983), Nr. G 24

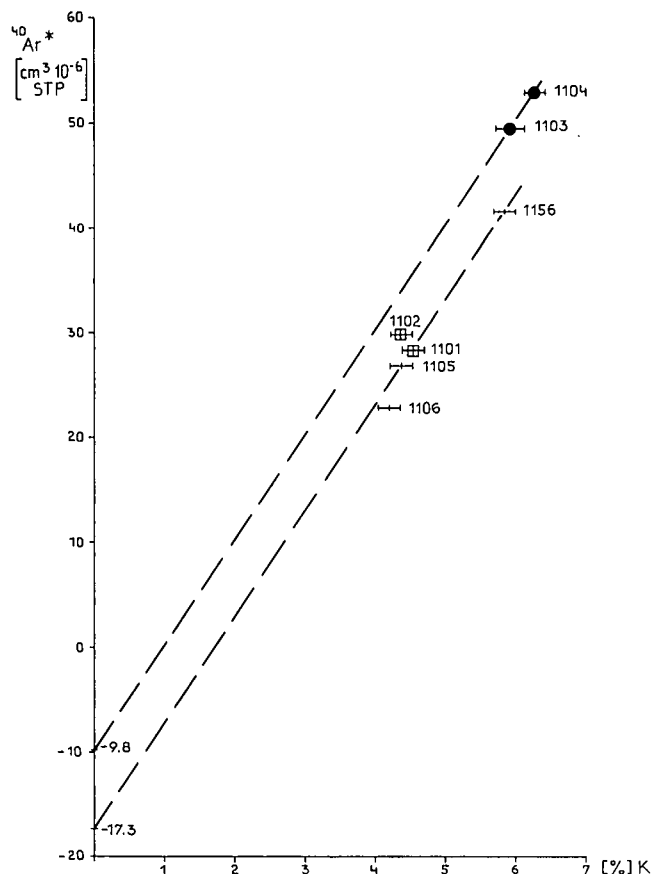


Abb. 3: $^{40}\text{Ar}^*$ -K Korrelationsdiagramm mit den untersuchten Feinfraktionen ($<5\ \mu\text{m}$). Die Steigungen der Regressionslinien entsprechen K-Ar-Altern von 240 und 242 Ma. Symbole siehe Abb. 1.

Smektite und Mixed Layers zu Illiten wesentlich gefördert haben, was überdies mit einer Verbesserung des Ordnungsgrades (siehe Illitkristallinität, Tab. 1) in den Illiten einhergeht. Nach INOUE (1983) wird der K-Einbau in die Zwischengitterpositionen durch steigende Temperatur, pH-Werte und/oder K-Konzentration in der Porenlösung gefördert.

Die unterschiedliche Gruppierung der vererzten und unvererzten Feinfraktionen im K- $^{40}\text{Ar}^*$ -Diagramm deuten überdies auf eine komplexe diagenetische Geschichte hin, die durch die Mineralogie der verschiedenen Feinfraktionen gesteuert zu sein scheint. Alle Fraktionen müssen nach dem Zeitpunkt der Sedimentation (138–131 Ma) $^{40}\text{Ar}^*$ verloren haben. Dieser $^{40}\text{Ar}^*$ -Verlust, gleichgültig, ob er kontinuierlich oder spontan vor sich ging, scheint in der Probe 1106, die noch Smektite enthält, am größten und in den nahezu reinen Illitproben 1103, 1104 am geringsten. Das ist in guter Übereinstimmung mit den von ARONSON & HOWER (1976) beobachteten Tatsache, daß der $^{40}\text{Ar}^*$ -Anteil erst in Mixed Layer Mineralien mit einem Illitanteil von 80 % in hinreichendem Maße gehalten wird und so in ihrem Bohrprofil mit der Tiefe zunimmt.

Dieser Ar-Verlust kann kontinuierlich vor sich gehen oder ähnlich wie von HARPER (1970) bei metamorphen Bedingungen beschrieben, nach Absinken des Versenkungsdrucks durch Hebung und/oder Erosion des geologischen Verbandes durch Korngrenzendiffusion rasch entstanden sein.

Ähnliche Phänomene könnten auch für die im Vergleich zur Rb-Sr-Methode erheblich jüngeren K-Ar-Modellalter im Bereich der Diagenese des Schweizer Vorlandes verantwortlich sein, während in Gebieten schwacher Metamorphose mit gut kristallisiertem Illit-Muskovit

die K-Ar- und Rb-Sr-Methode nahezu konkordante Alter ergeben (HUNZIKER et al., 1981). Gleichartige Beobachtungen machte auch BONHOMME (1982) in diagenetischen Sedimenten des Präkambriums.

Es ist jedoch nicht gänzlich auszuschließen, daß ganz schwache sekundär hydrothermale Einflüsse diesen gleichmäßigen Ar-Verlust bewirkten. Stärkerer hydrothermalen Einfluß hätte jedenfalls zu einer Rekristallisierung und damit verbunden eine weitestgehende gleichmäßige Ausgasung (BONHOMME et al., 1980, 1983; INESON & MITCHELL, 1974) zur Folge.

Wenn auch die Altersfrage mit den bisherigen Daten noch nicht gelöst werden konnte, so erlauben die K-Ar-Daten doch wertvolle Hinweise auf das tonmineralogische Verhalten im Lagerstättengebiet. Besonders wertvoll wäre in Zukunft, ein vergleichendes Studium der Tonminerale von schichtgebundenen und diskordanten Vererzungen durchzuführen.

Dank

Herrn Dr. HAGENGUTH sei für die Zurverfügungstellung und Separation der Proben sowie für die Bereitstellung der Röntgendiagramme gedankt.

Die kritische Durchsicht eines früheren Manuskripts durch Herrn Prof. SCHROLL sei dankend erwähnt. Herrn LEITNER sei für das Zeichnen der Abbildungen herzlich gedankt.

Literatur

- ARONSON, J. L. & HOWER, J.: Mechanism of burial metamorphism of argillaceous sediment: 2. Radiogenic argon evidence. — *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **87**, 738–744, Boulder 1976.
- BONHOMME, M. G.: The use of Rb-Sr and K-Ar dating methods as a stratigraphic tool applied to sedimentary rocks and minerals. — *Precambrian Res.*, **18**, 5–25, Amsterdam 1982.
- BONHOMME, M. G., BÜHMANN, D. & BESNUS, Y.: Reliability of K-Ar dating of Clays and silifications associated with vein mineralizations in Western Europe. — *Geol. Rdsch.*, **72**, 105–117, Stuttgart 1983.
- BONHOMME, M. G., YERLE, J. J. & THIRY, M.: Datation K-Ar de fractions fines associées aux minéralisations. Le cas du bassin uranifère permo-houiller der Brousse-Broquiès (Aveyron). — *C. R. Acad. Sci. (Paris), sér. D.*, t. **291**, 121–124, Paris 1980.
- ESQUEVIN, J.: Influence de la composition chimique des illites sur la cristallinité. — *Bull. Cent. Rech. Pau*, **3**, 147–153, Pau 1969.
- FRANK, W., ALBER, J. & THÖNI, M.: Jungalpine K/Ar-Alter von Helglimmern aus dem Permotriaszug von Mauls-Penser Joch (Südtirol). — *Sitz.-Ber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl.*, **1977**, 102–107, Wien 1977.
- GAUDETTE, E. H., EADES, J. L. & GRIM, R. E.: The nature of illite. — *Clays and Clay Minerals*, **1966**, 33–48, Oxford 1966.

- HAGENGUTH, G.: Geochemische und fazielle Untersuchungen an den Maxerbänken im Pb-Zn-Bergbau von Bleiberg-Kreuth/Kärnten. — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, Sh. **1**, 110 S., Wien 1984.
- HALLIDAY, A. N.: The timing of early and main stage ore mineralization in Southwest Cornwall. — *Econ. Geol.*, **75**, 725–759, New Haven 1980.
- HARPER, C. T.: Graphical Solutions to the problems of radiogenic Argon-40 loss from metamorphic minerals. — *Eclogae Geol. Helv.*, **63**, 119–140, Basel 1970.
- HUNZIKER, J. C., CLAUER, N., DALLMEYER, R. D., FREY, M. & FRIEDRICHSEN, H.: The evolution of illite from muscovite in low grade metamorphism. — *Abstr. 7th. Europ. Colloqu. Geochron.*, Jerusalem 1981.
- INESON, P. R. & MITCHELL, J. G.: K-Ar isotopic age determinations from some Lake District mineral localities. — *Geol. Mag.*, **111**, 521–537, London 1974.
- INESON, P. R. & MITCHELL, J. G.: K-Ar ages from the ore deposits and related rocks of the Isle of Man. — *Geol. Mag.*, **116**, 117–128, London 1979.
- INOUE, A.: Potassium fixation by clay minerals during hydrothermal treatment. — *Clays and Clay Minerals*, **31**, 81–91, Oxford 1983.
- JOSEPH, D., BELLON, H., DERRE, C. & TOURNAY, J. C.: Fluorite veins dated in the 200 million year range at La Petite Verrière and Chavaniac, France. — *Econ. Geol.*, **68**, 707–708, Boulder 1973.
- KAPPEL, F. & SCHROLL, E.: Ablauf und Bildungstemperatur der Blei-Zink-Vererzungen von Bleiberg-Kreuth/Kärnten. — *Carinthia II*, **172/92**, 49–62, Klagenfurt 1982.
- KRALIK, M.: Interpretation of K-Ar and Rb-Sr Data from fine fractions of weakly metamorphosed shales and carbonate rocks at the base of the Northern Calcareous Alps (Salzburg, Austria). — *Tscherm. Min. Petr. Mitt.*, **32**, 49–67, Wien 1983.
- LANGLEY, K. M.: Dating sediments by a K-Ar method. — *Nature*, **276**, 56–57, London 1978.
- LOGAN, R. G.: The geology and mineralogical zoning of the H. Y. C. Ag-Pb-Zn deposit, McArthur River, Northern Territory, Australia. — *Unpubl. M. Sci. thesis*, 187 p., Canberra 1979.
- PERRY, E. A.: Diagenesis and the K-Ar Dating of Shales and Clay Minerals. — *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **85**, 827–830, Boulder 1974.
- REY, J. P. & KÜBLER, B.: Identification des micas des séries sédimentaires par diffraction X à partir de la série harmonique (001) des préparations orientées. — *Schw. Miner. Petr. Mitt.*, **63**, 13–36, Zürich 1983.
- TOLLMANN, A.: *Geologie von Österreich Bd. 1.* — 766 S., Wien (Deuticke) 1977.
- TUFAR, W.: *Ostalpine Lagerstätten.* — *Exkursionsführer Dt. Geol. Ges.*, **B3**, 1–127, Marburg 1979.
- WEAVER, D. E. & WAMPLER, J. M.: K, Ar, Illite Burial. — *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **81**, 3423–3430, Boulder 1970.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 15. August 1984.