

Verh. Geol. B-A.	Jahrgang 1978	Heft 3	S. 403-409	Wien, Dezember 1979
Proceed. 3 rd ISMIDA (Leoben, Oct. 7-10, 1977)			S. 229-235	Wien, Dezember 1979

Bleiisotopenzusammensetzung von Bleierzen aus dem Mesozoikum der Ostalpen

Von V. KÖPPEL und E. SCHROLL*)

Mit 1 Tabelle und 2 Abbildungen

Schichtgebundene Erzlagerstätten
Perm
Trias
Ostalpen
Westalpen
Bleiisotopen
Bleierze
Erdkrustenmaterial
Bleiglanz

Schlüsselwörter

Abstract

The lead isotopes of 45 galenas, occurring mostly in 28 stratabound ore mineralizations of carbonatic rocks of Permian and Triassic ages in the Eastern and Western Alps have been investigated. The isotopic compositions of the leads show small, but distinct differences which show a tendency to correlate with the regional distribution and possibly also, in a qualitative way, with the temporal distribution. The model ages are mostly older than the stratigraphic ages. The leads must be derived from crust material.

1. Einführung

Die erste Untersuchung der Bleiisotopenzusammensetzung ostalpinen Bleierze aus dem Mesozoikum geht auf HOUTERMANS (1946) zurück. Die Analyse des Bleiglanzes von Bleiberg/Kärnten ließ eine Bleiisotopenzusammensetzung erkennen, die nach den damals gültigen Modellvorstellungen im Vergleich mit dem Alter der erzführenden triassischen Sedimentgesteine zu alt erschien (330 bis 360 ± 40 Ma nach EBERHARD u. Mitarb. [1962] oder GROGLER u. Mitarb. [1965]). Das Blei von Bleiberg wurde auf Grund dieser Anormalität als Typ B (Bleiberg) bekannt.

Dem ersten Modell der Entwicklung der irdischen Bleiisotopenzusammensetzung von HOUTERMANS/HOLMES/GERLINK, das die Annahme diskreter geschlossener Systeme in der Erde mit entsprechenden Wachstumskurven zur Grundlage hat, wurde nach den Vorstellungen von STANTON/RUSSEL (1959) empirisch eine einzige Wachstumskurve gegenübergestellt, die aus der Bleiisotopenzusammensetzung schichtgebundener Lagerstätten verschiedenen Alters - u. a. auch von Bleiberg - sowie rezenter Tiefseesedimente hergeleitet worden war (vgl. KÖPPEL und SAAGER [1976]).

*) Anschriften der Verfasser: Prof. Dr. E. SCHROLL, Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Ob. 214, 1030 Wien.

Prof. Dr. V. KÖPPEL, Eidgenössische Technische Hochschule, Soneggstraße 5, 8006 Zürich.

Die Korrektur fundamentaler Daten dieser Modelle, wie Alter der Erde und Isotopenzusammensetzung des Urbleis führte zu neuen Pb-Entwicklungsmodellen. STACEY und KRAMERS (1975) nehmen eine zweistufige Entwicklung des Krustenbleis an, CUMMING und RICHARDS (1975) eine kontinuierliche Anreicherung von Uran und Thorium in der Kruste.

In den letzten Jahren konnte die Meßgenauigkeit der massenspektrometrischen Methodik durch Einführung von Standardbleiprobe und durch Meßmethoden mit besser kontrollierbarer Fraktionierung der Bleiisotopenverhältnisse erheblich gesteigert werden, so daß auch Bleie aus jüngeren geologischen Epochen mit relativ kleinen Zuwachsraten von ^{207}Pb und ^{206}Pb mit größerer Sicherheit unterschieden werden können.

Die Messung von Standardbleiprobe ergibt bei vorliegenden Isotopenanalysen folgende Reproduzierbarkeiten:

$$\alpha = {}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb} = 16.892 \pm 0,016^*)$$

$$\beta = {}^{207}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb} = 15.437 \pm 0,020$$

$$\gamma = {}^{208}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb} = 36.570 \pm 0,064$$

Aus der Messung der absoluten Bleistandards folgen Korrekturen für die Fraktionierung der Isotopenverhältnisse von ca. $0,15 \pm 0,025\%$ pro Messeneinheit.

Das alte Datenmaterial läßt infolge der zu geringen Beherrschung der Isotopenfraktionierung beim Verdampfen der Probe vor der Massenspektrometrischen Analyse eine wesentlich schlechtere Reproduzierbarkeit erkennen (vgl. Abb. 7, SCHROLL 1978), so daß eine neuerliche Untersuchung erforderlich erscheint, auch dann, wenn die grundsätzlichen Aussagen über gewisse Modellalter keine Änderung erwarten lassen sollten.

2. Bisherige Ergebnisse der Neuuntersuchung

KÖPPEL/KOSTELKA (1976) berichteten über eine neuerliche Untersuchung der Bleierze von Bleiberg/Kärnten. Es wurden 22 Bleiglanzproben aus dem gesamten Lagerstättenbereich, davon 14 aus Erzen mit sedimentären und 6 aus Erzen mit diskordanten Texturen, analysiert. Alle Proben zeigten auch in Hinsicht auf die genetische Gruppierung innerhalb der geringen Fehlergrenzen eine homogene Isotopenzusammensetzung des Bleis an. Man darf mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit annehmen, daß im gesamten Bereich der Lagerstätte von Bleiberg-Kreuth, die sich über mehr als 10 km erstreckt und Vererzungen vom Unterladin bis oberen Karn beinhaltet, die Isotopenzusammensetzung des Bleis als konstant aufzufassen ist. Entsprechend beider neuer Bleiisotopenentwicklungsmodelle erhält man ein $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Modellalter von etwa 300 Ma, also wenigstens 70 Ma mehr als dies dem stratigraphischen Alter der synsedimentär-syndiagenetischen Anlager der Erzmineralisation entspricht. Damit konnte die Charakterisierung des Bleiberger Bleis als B-Typ wieder bestätigt werden.

Diese Untersuchungen wurden um 28 Vorkommen und 45 Proben aus der Trias und dem Perm der Ost- und Westalpen erweitert (siehe Tabelle 1).

Die bisherigen Ergebnisse gestatten folgende allgemeinere Aussagen (vgl. dazu Abb. 1 und Abb. 2):

1. Soweit mehr als eine Probe von einem Erzvorkommen untersucht werden konnte, erwies sich die Bleiisotopenzusammensetzung als homogen.

2. Die Bleiisotopenverhältnisse aller untersuchten Vorkommen ordnen sich in einem relativ kleinen Streufeld ein, wobei Vorkommen verschiedenen stratigraphischen Alters die gleiche Zusammensetzung aufweisen können wie Bleiberg-Kreuth, Silberberg-Davos, Bleiberg-Ramoz, Radnig und Jauken.

*) 2σ Standardabweichung

Tabelle 1: Untersuchte Bleierzvorkommen der West- und Ostalpen.

Fundort	Anzahl der Proben	Stratigraphische Einstufung	Nr. in der Lagerstättenkarte v. FRIEDRICH (1953)
Drauzug - Karawanken			
Bleiberg-Kreuth	22	Ladin/Karn	23, 24
Mežica	5	Ladin	5
Raibl (Cave de Predil)	4	Ladin/Karn	38
Salafossa	1	Ladin?	—
Jauken/Gailtaler Alpen	1	Karn	41
Radnig/Gailtaler Alpen	1	Karn	38
Mitterberg, Grube Max/ Gailtaler Alpen	1	Nor	35 („Forchtner See“)
Förolach/Gailtaler Alpen	1	Ladin	36
Tschökeknock, Theodorzubau (Halde)	1	Ladin	33
Windisch-Bleiberg/Karawanken	3	Ladin	17
Obir, Unterschäffler Alm	1	Ladin	13
Scheinitzen/Dellach (Drautal)	1	Anis	44
Rudnik/Faaker See	1	Anis	—
Topla bei Mežica	3	Anis	—
Südalpen			
Auronzo (Val Marzon, Gringna)	2	Anis	49
Val Vedra/Bergamasker Alpen	1	Ladin	—
Mte. Calisio/Trient	1	Perm	64
Nordalpen			
Schwarzenberg/Türnitz (NÖ)	1	Ladin	2
Kaltau/Steierling (OO)	1	Karn	—
Rötelstein-Teltschen/ Bad Aussee (OP)	1	Trias	104*)
Grundlsee, Anhydritbergbau	1	Karn	—
Lafatsch	1	Ladin	28
St. Veit/Imst (Tirol)	1	Anis	60 („Lagerberg-Imst“)
Kohlstattleiten, Scharnitz/Arntal (Bayern)	1	Ladin	21 („Rauschenberg“)
Ostalpen (Schweiz)			
Bleiberg-Ramoz	2	Anis	—
Silberberg-Davos	4	Anis	—
Scarl	4	Ladin	—

3. Die derzeit produktiven Großlagerstätten Bleiberg-Kreuth, Raibl und Mežica fallen in ein engeres Feld, andere produktive Vorkommen, wie Salafossa oder Val Vedra, in dessen Nähe. In beiden Diagrammen ist eine zweifache Population zu erkennen: Die meisten Vorkommen um den Typ Bleiberg mit anormal hohen Modellaltern (300 bis 350 Ma nach dem Modell von STACEY/KRAMERS und 300 nach dem Modell von CUMMING/RICHARDS [1975]) und eine zweite Gruppe Scarl, Kohlstattleiten, Kaltau und Schwarzenberg in den Nordalpen mit Modellaltern, die der geologischen Realität nahekommen. Die Verzerrungen von Scheinitzen und Rudnik sind dem Anis des Drauzuges zuzuordnen. Ein drittes Feld ist mit Daten aus Oberschlesien als Typ Olkuz bezeichnet (HARANZYK [1969, 1971], RIDGE/SMOLARSKA [1972]), der einem schwachen J(oplín)-Typ entspricht, d. h. einen erhöhten Gehalt an radiogenem Blei aufweist und daher im Vergleich zum stratigraphischen Alter zu jung ist. In dieses Feld fielen auch das Blei aus den Bleiglanzbanken der südwestdeutschen

*) Untere Eisenspatlagerstätten der nördlichen Grauwackenzone.

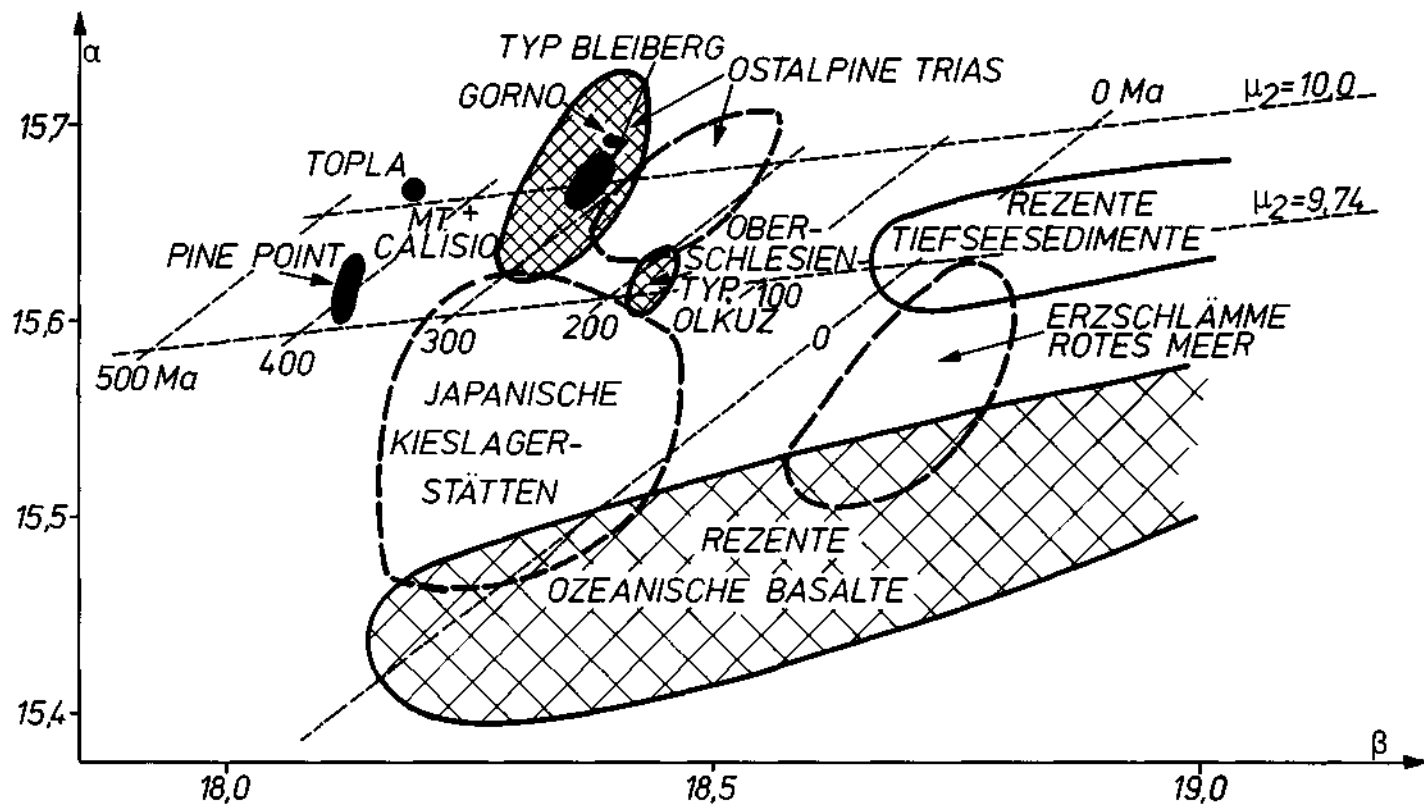


Abb. 1: α - β -Diagramm [$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$]. Gruppierung ost (-und west) alpiner Erzbleie aus der Trias:

1. Hauptfeld (gekreuzt schraffiert)
2. Eingegängtes Hauptfeld (schwarz): Produktive Lagerstättenbereiche des Ladin/Karn (Raibl, Karawanken, Drauzug)
3. Nebenfeld (weiß): Hauptsächlich Nordalpen

Vergleich mit Mantel bei (ozeanische Basalte, Erzschlammte des Roten Meeres und japanische Kieslagerstätten) ferner Typ Olkuz in Oberschlesien (in dieses Feld fallen auch die Erzbleie der Bleiglanzbanke des südwestdeutschen Keupers), Gorno (= Val Vedra), Topla/Mežica (Vererzung im Anis), Mt. Calisio (Perm). Modellalter und μ_2 -Kurven nach STACEY/KRAMERS (1975).

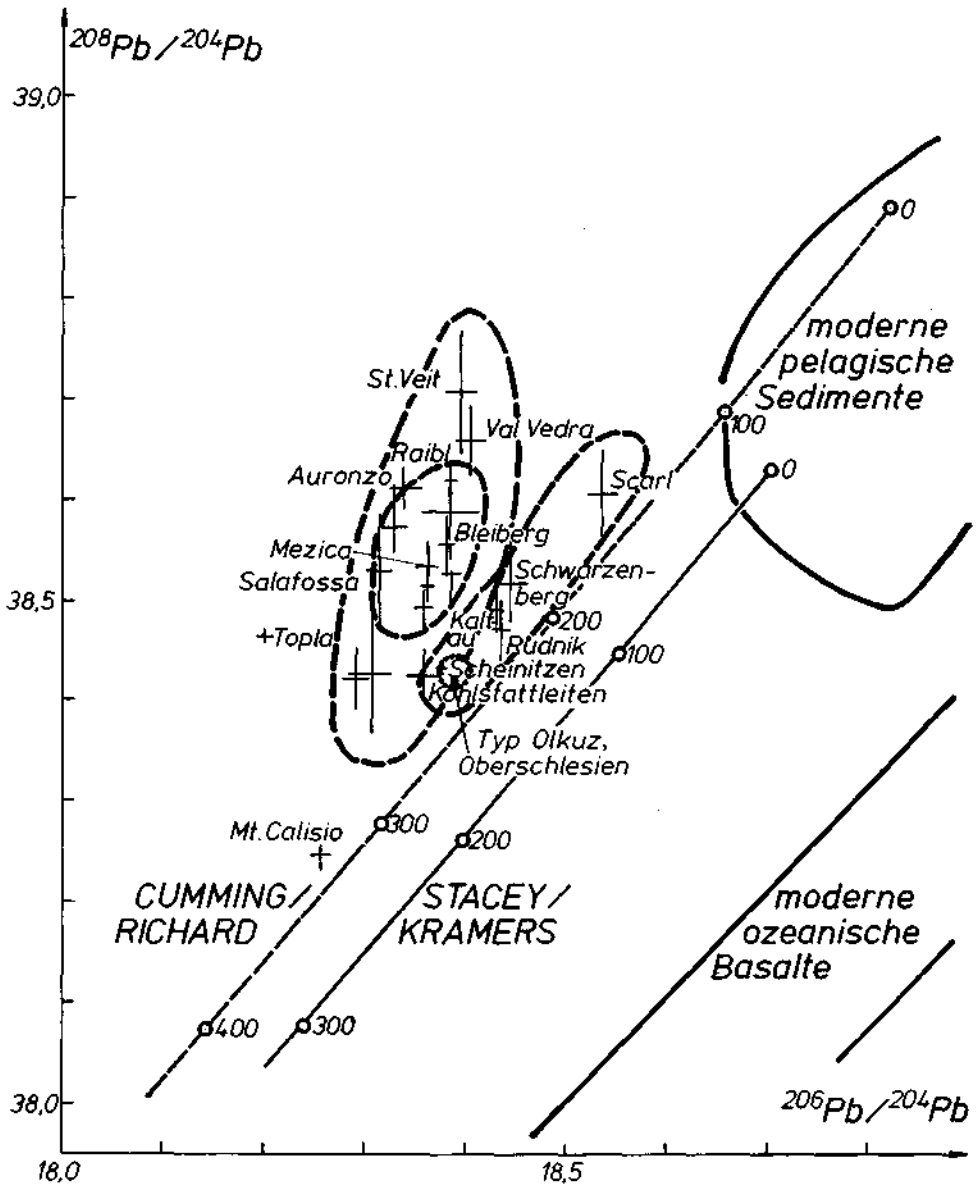


Abb. 2: α - γ -Diagramm [$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$] mit Einzeichnung der jeweiligen Fehlerbereiche (vereinfacht als Kreuz). Siehe die Gruppierung analog Abbildung 1. W (= Th/U Milieu) und Modellalter nach STACEY/KRAMERS (1975) (ausgezogen) und CUMMING/RICHARDS (1975) (strichliert). Werte des Typs Olkuz (Oberschlesien) nach RIDGE/SMOLARSKA (1972).

Trias (LIPPOLT u. Mitarb. [1977]). Es ist nicht auszuschließen, daß dieser Typ, wenn auch untergeordnet, vor allem im Bereich der Nördlichen Kalkalpen vorkommen könnte.

4. Die $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Modellalter sind durchwegs jünger als die $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Modellalter und oft sogar jünger als das geologische Alter. Das Pb hat sich also in einem Milieu mit relativ hohen Th/Pb- und Th/U-Verhältnissen entwickelt.

5. Aus den μ_2 -Werten (Modell nach STACEY/KRAMERS [1975]), d. h. dem zeitintegrierten U/Pb-Milieu ($\mu_2 = ^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$), in dem sich das Blei bis zu seiner Abtrennung vom Uran entwickelt hat, geht hervor, daß es sich um Krustenblei handelt. Die relativ hohen $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - und $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Verhältnisse deuten auf eine Herkunft aus konsolidiertem Krustenmaterial (vgl. DOE and ZARTMAN [im Druck]).

3. Bemerkungen zur Lagerstättengese

Die Herkunft des Bleis der Blei-Zink-Vererzungen des Mesozoikums der Alpen und der angrenzenden Plattformen schließt eine Stoffherkunft aus dem oberen Mantel und damit wahrscheinlich eine magmatogen hydrothermale Entstehung durch alkalibasaltische Magmen aus (vgl. HARANZYK [1969, 1971]).

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten auch LANCELOT u. Mitarb. (1971) für das Blei aus Blei-Zink-Vorkommen in mesozoischen Karbonatgesteinen des Französischen Zentralplateaus und Nordafrikas.

Die alpinotypen schichtgebundenen Blei-Zink-Vererzungen unterscheiden sich im übrigen vom Mississippi Valley Typ durch Zurücktreten oder Fehlen des J-Typs und ausgeprägte, zeitlich und räumlich abhängige Homogenitäten in der Bleiisotopenzusammensetzung. Eine vergleichbare Konstanz ist sonst noch vom Blei aus Pine Point/Canada bekannt geworden.

Weitere Aussagen über die Herkunft des Bleis in den alpinen schichtgebundenen Lagerstätten in mesozoischen Karbonatgesteinen sollen erst getroffen werden, bis Ergebnisse über weitere Bleivorkommen und über die Bleie aus unvererzten Sedimentgesteinen in Lagerstättenbereichen, von permischen und mesozoischen Vulkaniten, permoskytischen Sedimenten, soweit sie als Paläoaquifere in Frage kommen könnten, oder gegebenenfalls von Gesteinen kristalliner Komplexe oder deren klastischen Sedimenten vorliegen.

4. Bleisotope, Chemismus und Metallkonzentration

Von CAHEN u. Mitarb. (1958) und EBERHARDT u. Mitarb. (1962) wurden geochemische Kriterien für das Auftreten anormaler Bleitypen, vor allem des B-Typs, gesucht. Niedere Silbergehalte im Bleiglanz (etwa unter 100 bis 500 ppm Ag) oder negative $\delta^{34}\text{S}$ -Werte des Sulfidschwefels sind oft an B- oder J-Typen gebunden, ergeben aber keine signifikante Beziehung. Das gleiche gilt vom Thalliumgehalt, der jedoch in stärkerem Maße an Zinkblende, bzw. Schalenblende gebunden ist (SCHROLL 1978).

Die vorliegenden Ergebnisse deuten an, daß im ostalpinen Bereich das Blei mit maximalen Modellaltern in der Regel in jeder geologischen Formation nur in solchen Gebieten mit schichtgebundenen Vererzungen anzutreffen ist, die bergwirtschaftlich bedeutendere Metallmengen enthalten und erwarten lassen, wie im Anis Topla oder Auronzo, im Ladin Raibl, Bleiberg-Kreutz, Mežica oder Val Vedra (Lagerstättenbezirk von Gorno).

Das geochemische Datenmaterial für die Großlagerstätten Raibl, Bleiberg-Kreuth oder Lafatsch läßt eine Korrelation zwischen dem μ -Wert und dem durchschnittlichen Thalliumgehalt der Zinkblenden möglich erscheinen. Die Einordnung von Mežica ist wegen mangelhafter Daten über die Thalliumkonzentration unsicher. Die drei erstgenannten Lagerstätten sind neben dem Auftreten mehrerer Erzgenerationen noch durch das Vorkommen von Baryt oder zumindest blauem Anhydrit ausgezeichnet. Die thalliumreiche Minera-

lisation von Salafossa und die thalliumarme in Jauken oder Val Vedra (Gorno) zeigen ein abweichendes Verhalten.

Die bisherigen Ergebnisse lassen die Suche nach Indikationen für erzreiche Pb-Zn-Mineralisation in Karbonatgesteinen der ostalpinen Trias auf Grund eines geochemischen Datenmaterials erfolgversprechend erscheinen.

Literatur

- CAHEN, T., EBERHARDT, J. et al.: On a correlation between common lead model and trace element content of galenas. – *Geochim. Cosmochim. Acta* 14, 134, Oxford 1958.
- CUMMING, G. L. & RICHARDS, J. R.: Ore lead isotope ratios in a continuously changing world. – *Earth Plan. Sci. Lett.* 28, 155–171, Amsterdam 1975.
- DOE, B. R. & ZARTMANN R. E.: *Plumbotectonics I. – Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits.* Ed. H. Barnes (im Druck).
- EBERHARDT, P., GEISS, J. et. al.: Age determinations on lead ores. – *Geol. Rdsch.* 52, 836–852, Stuttgart 1962.
- FRIEDRICH, O.: Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. *Radex-Rdsch.* 1953, 371–407, Radentheim 1953.
- GEISS, J.: Isotopenanalysen an gewöhnlichem Blei. – *Z. f. Naturforschung* 90, 217, Tübingen 1954.
- GRÖGLER, N., GRÜNFELDER M. & SCHROLL, E.: Bleiisotopenhäufigkeiten in Bleiglanzen der Ostalpen. – *Anz. Österr. Akad. Wiss. math.-naturwiss. Kl.* 98, 106–111, Wien 1961.
- HARANZYK CZ.: Skład isotopowy ołowiu europejskich ztoz Zn-Pb. – *Rudy i metale niezelazne* 11, 69–77, Katowice 1969.
- HARANZYK, CZ.: Die Entwicklung der Hypothesen über den Ursprung der Zn-Pb-Lagerstätten des Gebietes Slask-Krakow. – *Geologie* 20, 429–440, Berlin 1971.
- HOUSERMANS, F. G.: The isotope frequency in natural lead and the age of uranium. *Naturwissenschaften* 33, 185, Berlin 1946.
- KÖPPEL, V. & KOSTELKA, L.: The isotopic composition of ore Lead from Bleiberg, Austria. – Amsterdam 1976.
- KÖPPEL, V. & SAAGER, R.: U-, Th- and Pb-isotope studies of strata-bound ores. *Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits.* (Ed. K. H. WOLF) vol. 2, 267–316, Amsterdam: Elsevier 1976.
- LANCELOT, J. G. & SARAZIN, C. J.: Composition isotopique du plomb et du soufre des galènes licés aux formations sédimentaires. *Interpretation géologiques et géophysiques.* – *Contr. Min. Petr.* 32, 315, Heidelberg 1971.
- LIPPOLT, H. J., SCHORN, U. & PIDGEON, R. T.: Blei-Isotopenuntersuchungen an Bleiglanzen des Schwarzwaldes und der Bleiglanzbank des Keupers. – *Fortschr. Min.* 55 / Beiheft 1, 88–89, Stuttgart 1977.
- RIDGE, J. D. & SMOLARSKA, I.: Factors bearing on the genesis of the Silesian-Cracovien lead-zinc deposits in Southern Poland. – 24th *Ing. Geol. Congr. Canada* 1972, Sect. 6, 216–229, Montreal 1972.
- SCHROLL, E.: Anomalous composition of lead isotopes in the lead-zinc deposits of Calcareous Alps sediments. – *Rud. metal. Zbornik* 2, 139, Ljubljana 1965.
- SCHROLL, E.: Zur Korrelation geochemischer Charakteristika der Blei-Zink-Lagerstätte Bleiberg-Kreuth mit anderen schichtgebundenen Vererzungen in Karbonatgesteinen. – *Schriftenreihe d. Erdwiss. Kommission* Bd. 3, Österr. Akad. Wiss., 1978 (im Druck).
- STACEY, J. S. & KRAMERS J. D.: Approximation of terrestrial lead isotope by a two-stage model. – *Earth Planet. Sci. Lett.* 26, 207–221, Amsterdam 1975.
- STANTON, R. L. & RUSSEL R. D.: Anomalous leads and the emplacement of lead sulfide ores. *Econ. Geol.* 54, 588–607, Blacksburg 1959.