

Zur Minerogenie der Fluorit-Baryt-Lagerstätten in Mitteleuropa

Ludwig *Baumann* & Otto *Leeder**

Zusammenfassung

Nach einem Überblick über die wichtigsten Fluorit-Baryt-Lagerstättenbezirke Mitteleuropas werden die gemeinsamen strukturellen und paragenetischen Merkmale hervorgehoben. Trotz lokaler Unterschiede läßt sich für die meisten Lagerstätten ein gemeinsames Standard-Paragenesenschema anwenden, das durch die Minerale Quarz, Baryt, Fluorit, Fe-Mn-Karbonate bzw. -Oxide, durch wechselnde Mengen an Sulfiden (Cu, Pb, Zn) und durch die Elemente Co, Ni, Bi, As, Sb, Ag und Hg charakterisiert ist. Die strukturelle Gemeinschaft ist die Bindung an herzynisch streichende saxonische Brüche, insbesondere an deren Kreuzungsbereichen mit rheinischen, eggischen und erzgebirgischen Strukturen. Untergeordnet treten auch synsedimentäre sowie tertiäre Bildungen auf. Die Lagerstätten lassen sich auf Grund der geotektonischen Situation, von physikalisch-chemischen Untersuchungen sowie geochemischen und petrogenetischen Überlegungen mit einem simatisch-juvenilen und atlantisch differenzierten Tiefenmagmatismus in Verbindung bringen.

Abstract

"About the minerogeny of the Fluorite-Barite-Deposits in Central Europe"

After a short review on the most important fluorite-barite deposits of central Europe, the common structural and paragenetic features are pointed out. In spite of local differences, there can be used one paragenetic model for all deposits, characterized by quartz, barite, fluorite, Fe-Mn-carbonates resp. -oxides, by varying enrichment of sulfides (Cu, Pb, Zn), and by the elements Co, Ni, Bi, As, Sb, Ag und Hg. The structural community is their binding to Hercynic striking

* Prof. Dr. habil. L. *Baumann* und Dr. O. *Leeder*, Sektion Geowissenschaften der Bergakademie, AG. Lagerstättenlehre und Minerogenie, DDR-92 Freiberg, DDR. Sektionsveröffentlichung Nr. 318.

Saxonic faults, particularly where they are crossing "Rheinische", "Eggische", or "Erzgebirgische" structures. Subordinate, there are synsedimentary as well as tertiary formations. The ore deposits can be connected with simatic-juvenile, and with differentiated "Atlantic"-type magmatism by their geotectonic situation, by physico-chemical investigations, as well as by geochemical and petrogenetic considerations.

1. Einführung

Der geologische Bau Mitteleuropas ist charakterisiert durch eine komplizierte Überlagerung und Verknüpfung mehrerer geologischer Epochen, die ihre tektonischen, magmatischen und metamorphen Spuren in diesem Gebiet hinterlassen haben. Diese geologischen Ereignisse haben an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten Anlaß zur Konzentration von bestimmten Elementen geführt, die uns heute als Erz- bzw. Minerallagerstätten bekannt sind. Die meisten dieser Lagerstätten lassen sich nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand und auf Grund einer umfangreichen wissenschaftlichen Bearbeitung in einen zeitlich und räumlich klar definierten minerogenetischen Rahmen stellen. Dabei ist eine weitgehende Klärung der Genese von Fluorit-Baryt-Lagerstätten, die in Mitteleuropa intensiv und extensiv weit verbreitet sind, erst in den letzten 15 Jahren möglich gewesen. Obwohl ein Blick auf die Verbreitung dieser Lagerstätten bereits eine regionale Häufung in bestimmten Gebieten erkennen läßt, wurden diese Vorkommen genetisch häufig unterschiedlich eingestuft. Die bisherigen genetischen Anschauungen sind verständlich, wenn man die räumlich z. T. weit auseinanderliegenden Einzelvorkommen oder Distrikte isoliert in ihrem engen geologischen Rahmen betrachtet und wenn man weiterhin berücksichtigt, daß die wissenschaftliche Bearbeitung meistens nicht unter einheitlichen Gesichtspunkten erfolgte. Mit wachsendem Kenntnisstand traten jedoch für die größte Anzahl dieser Lagerstätten weitgehende Gemeinsamkeiten in Erscheinung. Wenn auch lokale Besonderheiten, unterschiedliche Auffassungen der Bearbeiter und noch einige offene Probleme eine zusammenfassende Deutung erschweren, so sind doch bereits wichtige Fakten über eine weitgehende Analogie in struktureller, paragenetischer und genetischer Hinsicht gesammelt worden.

Das zu betrachtende Lagerstättengebiet Mitteleuropas wird begrenzt durch das Brahmsche Massiv im NW, den Rheintalgraben im W, den Alpenbereich im S, die Hohe Tatra und den Sudetennordrand im E. Die in diesem Bereich auftretenden Fluorit-Baryt-Lagerstätten sind überwiegend gangförmige Bildungen. Daneben treten noch Imprägnationen, metasomatische Verdrängungskörper und synsedimentäre Vorkommen auf. In tektonischer Hinsicht ist das abgegrenzte Gebiet, neben den Auswirkungen der alpidischen Faltung, durch das betonte Hervortreten der saxonischen Bruchtektonik gekennzeichnet.

Bedeutende Lagerstätten und bekannte Vorkommen finden sich vorwiegend dort, wo saxonische Brüche variszische Grundgebirgsschollen durchsetzen. Im einzelnen können folgende Lagerstättengebiete genannt werden (Abb. 1):

DDR: Harzscholle (Straßberg, Rottleberode, Kyffhäuser, Ilfeld, Mansfelder Rücken) (1); Flechtinger Höhenzug (2); Thüringer Wald (Schmalkalden, Ruhla, Ilmenau-Gehren, Kamsdorf-Könitz u. a.) (3); Vogtland (Schönbrunn, Brunn-döbra u. a.) (4); Erzgebirge (Freiberg-Halsbrücke, Marienberg, Annaberg, Bärenstein u. a.) (5); des weiteren kleinere Vorkommen in den dazwischenliegenden Gebieten.

ČSSR: Erzgebirge (Teplice, Dčín, Moldava, Jachymov u. a.) (6); W-Sudeten (Harrachov, Křižany u. a.) (7); E-Sudeten (Gänge zwischen Olomouc und Opava) (8); Böhmerwald (Šumava) (9); Böhmisches-Mährisches Kristallin (10); Boskovicker Furche (11); Slowakei (12).

VR. Polen: Sudetennordrand (Wałbrzych, Stanislawow) (13).

BRD: W-Harz (Lauterberg, Andreasberg, Clausthal z. T. u. a.) (14); Brahmischer Massiv (15); Weserbergland-Egge-Geb. (16); Rheinische Masse (Ruhrbezirk, Brilon, Dreislar, Eifel) (17); Rheinpfalz (18); Riehelsdorfer Geb. (19); Rhön (20); Spessart (21); Odenwald (22); Schwarzwald (23); Franken (24); Oberpfalz (Nabburg-Wölsendorf) (25); Bayrischer Wald (26).

Frankreich: Vogesen (Markirch) (27).

Österreich: Vorwiegend in der Grauwackenzone (Schwaz, Gailtal u. a.) und in der Mitteltrias. Letztere sind bevorzugt synsedimentär an die Wettersteinkalke gebunden und an deren Ausbiß am Alpennordrand über größere Bereiche bis in westdeutsches Gebiet zu verfolgen (28). Diese Vorkommen werden hier nicht mit in die nähere Betrachtung einbezogen

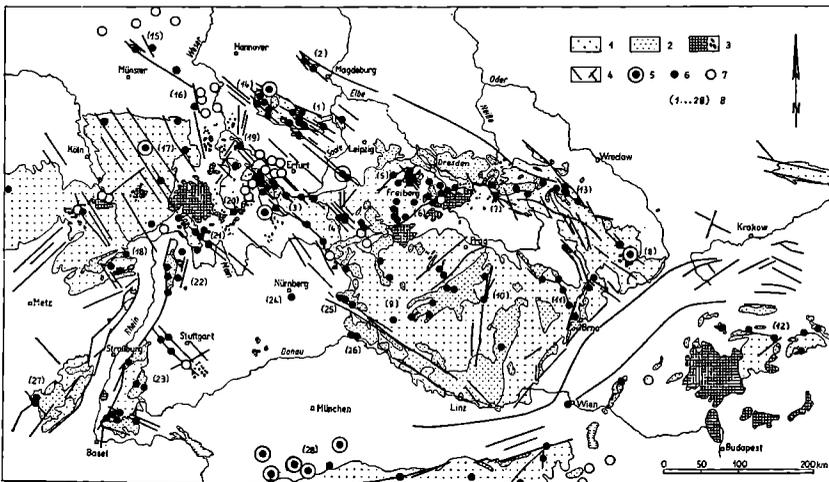


Abb. 1. Die Fluorit-Baryt-Lagerstätten Mitteleuropas.

- 1 — Paläozoikum; 2 — Variszische Magmatite; 3 — Postvariszische Effusiva; 4 — Störungen; 5 — Syngenetische F-Ba-Lagerstätten (stratiforme Lager und Imprägnationen); 6 — Epigenetische F-Ba-Lagerstätten (Gänge und metasomatische Bildungen); 7 — Tertiäre Kohlensäuerlinge; 8 — Lagerstättengebiete.

Der Gedanke, diese Lagerstätten unter einem einheitlichen Gesichtspunkt zu betrachten, ist nicht neu. So zeigte bereits *Mobs* (1931) gewisse regionale Zusammenhänge auf. Während *Schneiderhöhn* (1949, 1953) wieder mehr die Eigenständigkeit betonte, versuchte man in zahlreichen Arbeiten der letzten Jahre gemeinsame Züge zu finden und neu auszuarbeiten (*Werner* 1966; *Borchert* 1967; *Leeder* 1966, 1967; *Baumann* 1967, 1968; *Baumann & Rösler* 1967; *Baumann & Werner* 1968; *Baumann & Leeder* 1969; *Schröder* 1970, 1971 u. a.). Die neueren Untersuchungen stützen sich auf regional-geologische, tektonische, paragenetische, geochemische und geochronologische Daten, die zum größten Teil an den Lagerstätten der DDR gesammelt wurden.

2. Die Strukturformen der Lagerstätten

Wie aus der geologischen Situation der Lagerstättengebiete und ihrer räumlichen Verteilung hervorgeht (Abb. 1), sind die genannten Fluorit-Baryt-Lagerstätten bevorzugt an Kreuzungszonen von Tiefenstörungen bzw. an deren Kreuzungen mit den Faltungsstrukturen der paläozoischen Gebirgsrümpfe gebunden. Da diese Koppelung ein regionales Phänomen darstellt, das in ähnlicher Weise auch in den bedeutenden Lagerstättengebieten der Sowjetunion (Transbaikalien), der USA (Weststaaten) und Mexikos beobachtet werden kann, verdienen diese Zusammenhänge eine nähere Untersuchung.

2. 1 Geologisch-tektonische Stellung der Lagerstätten

Die großen geologischen Störungssysteme stellen Schwächezonen innerhalb der Erdkruste dar, die bei geeigneter Anlage des Kräfteplanes zu verschiedenen Zeiten aktiviert werden können. In Mitteleuropa existieren seit dem algonkischen Umbruch drei ausgeprägte Störungsrichtungen, die den tektonischen Bauplan bestimmen:

NE-SW (= erzgebirgische Richtung)

Verlauf der variszischen Geosynklinal- und Antiklinalzonen; Verlauf der Faltenachsen, der Schieferung und bestimmter faltungstektonischer Kluftsyste-
me, Tiefenstörungen.

Beispiele: Erzgebirgische Aniklinalzone, Spessart-Ruhla-Kyffhäuser-Zone, Zentraleuropäisches Lineament (mit Erzgebirgsabbruch), Boskovicer Furche u. a.

NW-SE (= herzynische Richtung)

Hauptrichtung der saxonischen Störungen, die seit dem Zechstein und speziell in den kimmerischen Phasen im Rahmen der alpidischen Tektogenese angelegt bzw. erneut aktiviert wurden; weitgehend Schollen- und Bruchtektonik.

Beispiele: Elbe-Lineament, Fläming-Linie, Harzer und Thüringer Randspalten, Bayerischer Pfahl u. a.

N-S (= rheinische und eggische Richtung)

Bruchelemente des Mittelmeer-Mjösen-Lineaments, Störungsaufspaltungen an Hochschollen, Klufthäufungszonen, geophysikalische Indikationen.

Beispiele: Rheintalgraben, Ohmgebirge, Plauen-Gera-Halle-Linie, Blanicka Furche u. a.

Bei der Verteilung der Fluorit-Baryt-Lagerstätten ist auffällig, daß an den Kreuzungstellen dieser Störungslinien gewisse Häufungen auftreten. Das trifft in erster Linie für die NE-SW- und NW-SE-Systeme zu, läßt sich jedoch auch an den Kreuzungen dieser beiden Systeme mit den N-S-Strukturen erkennen.

Der Zusammenhang zwischen den Kreuzungen von Störungszonen und den Lagerstättenbildungen ist dreifältiger Natur:

a) Durch tiefgreifende Störungssysteme werden Magmenherde in tieferen Krustenbereichen oder im oberen Mantel angeschnitten und geben somit Anlaß zu Magmenbewegungen. Da die hydrothermale Lagerstättenbildung auf dem Vorhandensein und der Differentiation von intrudierenden Magmen beruht, ist damit eine erste genetische Bedingung erfüllt. Offensichtlich spielen für den Magmenaufstieg die Kreuzungszonen zwischen rhenotypen und herzynischen Strukturen eine besondere Rolle, da sich in Mitteleuropa die N-S-Richtungen durch auffällige geophysikalische Anomalien bemerkbar machen und darüberhinaus in diesen Kreuzungsbereichen während des Tertiärs simatische Magmen effusiv wurden.

b) Die oberflächennahen Störungssysteme, deren Bau weitaus komplizierter ist als der der Tiefenbrüche, geben durch Wechsel von Zerrung und Pressung sowie durch horizontale und vertikale Bewegungen Anlaß zur Bildung von Absatzräumen für aufsteigende Hydrothermen. Damit ist die Voraussetzung von raumschaffenden Prozessen für die Lagerstättenengese erfüllt. Dies gilt sowohl für Gang- als auch für metasomatische Lagerstättenbildungen. Selbstverständlich ist zwischen den raumschaffenden Prozessen für die Magmenintrusion und für die hydrothermale Lagerstättenbildung ein zeitlicher Hiatus eingeschaltet, der dem Magma die Möglichkeit zur Differentiation gibt.

c) Eine weitere wichtige Tatsache ist, daß von den möglichen Kreuzungspunkten besonders diejenigen lagerstättenführend sind, wo sich die Grundgebirgsschollen in einer Hochlage befinden. Daraus ergibt sich einerseits, daß ein Zusammenhang zwischen Magmenaufstieg und Hochschollenbildung besteht und damit die postmagmatischen Differentiate bevorzugt an oder in Horsten aufsteigen, andererseits sind die metamorphosierten und von palingenen Graniten durchsetzten kristallinen Grundgebirgsbereiche für eine tektonische Beanspruchung und Spaltenbildung wesentlich günstigere Gesteine als die weniger verfestigten mesozoischen Sedimente.

Die Wirkung dieser drei Einflußmomente läßt sich an den mitteleuropäischen Fluorit-Baryt-Lagerstätten deutlich erkennen. Allein ihre Existenz setzt eine magmatische Aktivität voraus, die sich im gegebenen regionalen Rahmen ausgewirkt

haben muß. Die raumschaffenden Prozesse lassen sich in den Aufschlüssen der Ganglagerstätten belegen, wo teils Scherspalten mit weitgehend konstanter NW-SE-Richtung, teils auch deren Fiedersysteme mit flach- oder steilherzynem Streichen mineralisiert wurden. Die Kompliziertheit und zeitliche Gliederung der Bewegungen läßt sich an der Reihenfolge und der lokal wechselnden Intensität der einzelnen Abfolgen belegen. Ausnahmen bilden lediglich die Lagerstätten,

- die zum variszischen Geosynklinalmagmatismus gehören und submarin-hydrothermal in Sedimentationsräumen entstanden sind (z. B. Rammelsberg, Meggen, Ostsudeten);
- die postorogen im Zusammenhang mit variszischen palingenen Graniten entstanden sind (z. B. pneumatolytische Fluoritmineralisationen auf Zinnlagerstätten, Teile der hydrothermalen Ganglagerstätten des Harzes, des Erzgebirges, der Böhmisches und Rheinischen Masse u. a.);
- die metasomatisch in Kalken gebildet wurden, obwohl auch hierzu Spalten für die Substanzzufuhr und die Gewährleistung der Wegsamkeit vorhanden gewesen sein mußten.

Die bevorzugte Bindung der Lagerstätten an Gesteine des Grundgebirges läßt sich an vielen Stellen belegen. Entweder sind Gebiete mit Kreuzungsstellen im Bereich des mesozoischen Deckgebirges lagerstättenfrei, wie es im Falle des Thüringer Beckens, des Subherzyns oder im Bereich der schwäbisch-fränkischen Trias zu beobachten ist, oder die Lagerstätten verarmen substantiell und zahlenmäßig sobald die Störungen aus dem Grundgebirge in das jüngere Deckgebirge übergehen. Beispiele dafür finden sich an den Harzrändern, in der westlichen Verlängerung des Thüringer Waldes und speziell im östlichen Spessartvorland.

2. 2 Zeitliche Position der Lagerstättenstrukturen

Die zeitliche Einstufung der an der Lagerstättenbildung beteiligten Störungen kann prinzipiell auf 3 Arten erfolgen:

- nach der geologischen Datierung anhand von Diskordanzen oder Versetzung von altersbekannten Schichten bzw. die kausale Zuordnung nicht datierbarer Störungen zu den erstgenannten;
- nach der physikalischen Altersbestimmung an Mineralneubildungen im Störungsbereich; dazu bieten sich speziell K-Mineralen (z. B. Serizite) zur Bestimmung nach der Kalium-Argon-Methode an;
- nach absoluten Altersdatierungen an den Gangmineralen selbst, unter der berechtigten Voraussetzung, daß zwischen Spaltenbildung und Spaltenausfüllung kein längerer Zeitraum vorhanden ist. Zur Bestimmung lassen sich die Pb-Pb-Methode, die Schwefelisotopenmethode, die U/Pb-Methode, Emanationsmessungen und die Methode des remanenten Magnetismus an Fe-Oxiden einsetzen.

Alle genannten Methoden wurden an verschiedenen Fluorit-Baryt-Lagerstätten angewendet und ergaben mit weitgehender Übereinstimmung eine Häufung der Alterswerte im Bereich von 150—180 Ma. (Baumann & Rösler, 1967). Damit fällt der Zeitraum der Lagerstättenbildung im wesentlichen in die Wende Trias-Jura (kimmerische Phasen). Einzelne Werte streuen bis in den Bereich der subherzynen Phase (100 MA) einerseits und andererseits in den Bereich Zechstein-Trias. Eine weitere Häufung von Alterswerten in einigen Lagerstättegebieten zeigt tertiäres Alter an (Badenweiler, Jilové-Roztoky).

2. 3 Tektonische Lagerstättentypen

Die F-Ba-Lagerstätten und -Vorkommen Mitteleuropas treten in verschiedenen tektonischen Typen auf, die man sowohl nach dem Alter als auch nach der Struktur gliedern kann:

Lager

Zu den variszischen, syngenetischen Lagern gehören die Polymetall-Baryt-Lagerstätten des Rammelsberges bei Goslar und von Meggen im Sauerland. Weitere Vorkommen finden sich in den Ostsudeten (Jesenik-Geb.) (Abb. 1). Die Stoffzufuhr erfolgte auf Spalten aus Herden des geosynklinalen Magmatismus, der Absatz der Erze dagegen syndesimentär im Mitteldevon. Die Bildungen wurden anschließend in die variszische Faltung einbezogen und mehr oder weniger intensiv metamorphosiert (z. T. mit epigenetischen Umlagerungs- und Mobilisationsbildungen).

Saxonische syngenetische Vorkommen sind an den Plattendolomit des Zechsteins (Caaschwitz bei Gera) und an die Wettersteinkalke der mittleren alpinen Trias gebunden (Abb. 1). Die letztgenannten Bildungen haben im Bereich der Nördlichen Kalkalpen (Innsbruck, Nassereith, Lech, Füssen, Bad Tölz, Kufstein) Ausmaße von Lagerstätten. Auch hier erfolgte die Zufuhr vermutlich auf Spalten, der Absatz syndesimentär.

Metasomatische Bildungen

Metasomatische Fluorit-Baryt-Vorkommen variszischen Alters sind relativ selten und spielen wirtschaftlich keine Rolle. Es handelt sich entweder um pneumatolytisch-katathermale Greisenbildungen in Feldspatgesteinen (z. B. Ehrenfriedersdorf/Erzgebirge) oder um Kalkverdrängungslagerstätten (z. B. Breitenbrunn im Westerzgebirge).

Saxonische metasomatische Lagerstätten sind an Riffkalke des Zechstein (Leutnitz/Thüringen) und an Steinmergelbänke des mittleren (Gips-)Keupers (Römhild) gebunden.

Ganglagerstätten

Bei den reinen Ganglagerstätten sind sowohl im variszischen als auch im saxo-nischen Zyklus folgende Gangtypen zu unterscheiden:

- Scherspaltan. Diese dienen für die Hydrothermallösungen bevorzugt als Aufstiegswege aus den tiefliegenden Herden. Sie sind tiefgreifend mineralisiert und zeigen selbst bei Vorherrschen von linsigen Erzmitteln langes Aushalten im Streichen. Dazu gehören ein großer Teil der Randspaltan der Grundgebirgsschollen.
- Zug- und Fiederspaltan. Diese wirken als tektonische Elemente niedrigerer Ordnung stärker lösungsverteilend. Sie können eine größere Mächtigkeit und auch eine intensivere Mineralisation erreichen als die zugehörigen Scherspaltan.
- Zusammengesetzte Gänge. Werden Scherspaltan mehrmals intensiv bewegt, so können sie als mächtige Rucheln oder Breccienzonen einen eigenen Typ von Ganglagerstätten bilden. Je nach Lage der Öffnungsvektoren können parallel- bzw. diagonalstreichende Trümer entstehen, die oftmals verschiedene Paragenesen enthalten. Ein schönes Beispiel dafür ist der Straßberg-Neudorfer Gangzug des Unterharzes.

3. Die Mineralisation der Fluorit-Baryt-Lagerstätten

3. 1 Mineralparagenesen

Ein wichtiges Argument für die Konzeption einer einheitlichen Genese des größten Teiles der mitteleuropäischen Fluorit-Baryt-Lagerstätten ist durch ihre auffällig gleichartigen Paragenesen gegeben. Es handelt sich um weitgehend mineralische Fluorit- bzw. Barytgänge oder fluorit-barytbetonte Gänge mit wechselnden Anteilen an Karbonaten (Siderit, Ankerit, Dolomit und Calcit), Sulfiden (Pyrit, Chalkopyrit, Sphalerit, Galenit u. a.), Oxiden (Hämatit, Mn-Oxide) und Quarz.

Durch die bisherige uneinheitliche Bearbeitung war ein Vergleich nicht immer möglich, zumal aus verschiedenen Gründen bestimmte Minerale besonders hervorgehoben oder auch vernachlässigt worden sind.

Auf Grund eines regionalen Vergleichs von rund 150 Fluorit-Baryt-Lagerstätten Mitteleuropas wurde versucht, die Mineralparagenesen auf einen allgemeingültigen Standard zu beziehen (*Baumann & Leder, 1969*). Für die saxo-nischen Fluorit-Baryt-Lagerstätten eigneten sich als Basis dazu besonders die Paragenesenschemata des Thüringer Waldes, des Erzgebirges und des Harzes, die einerseits in sich weitgehend übereinstimmen und andererseits bestimmte lokale Besonderheiten deutlich erkennen lassen (*Baumann & Werner, 1968*). Trotz der lokalen paragenetischen, strukturellen und geochemischen Besonderheiten ergibt sich ein

deutlicher minerogenetischer Zusammenhang aller saxonischen Fluorit-Baryt-Lagerstätten Mitteleuropas, der sich insbesondere in einer weitgehenden Gemeinsamkeit der Elementkombination sowie der Mineralvergesellschaftungen und -sukzessionen widerspiegelt. Im wesentlichen lassen sich die saxonischen Mineralisationen in folgende Hauptphasen untergliedern (Abb. 2):

Quarzige Eisen-Baryt-Phase: Quarz, Baryt, Fe-Mn-Oxide, Karbonate (= eba-Typ)*;

Fluorit-Baryt-Phase: Baryt, Fluorit, Quarz, z. T. Fe-Cu-Pb-Zn-Sulfide (= fba-Typ);

BiCoNi-Phase: Quarz, Baryt, Fluorit, Co-Ni-Fe-Arsenide, z. T. Ag-, Bi- und U-Mineralen (= BiCoNi-Typ);

Karbonatische Ag-S-Phase: Karbonspäte, Quarz, Fe-Cu-Pb-Zn-Sulfide (z. T.), Ag-Hg-Sb-As-Mineralen (= Edle Geschicke-Typ);

Eisen-Mangan-Phase: Quarz, Fe-Mn-Oxide (= Fe-Mn-Typ).

Minerale	Vorphase	frühsaxonisch			spätsaxonisch		jungesaxonisch (FeMn)
		eba	fba		BiCoNi	Ag-S	
			I	II			
Quarz	****	■	■	■	■	.....	.....
Baryt		■	■	■	■	■	.....
Fluorit	....	—	■	■	■	—	.....
Fe-Mn	oxid.	....	■	■	■	■	■
	karb.	....	■	■	■	■	■
	sulf.	....	■	■	■	■	■
Cu-Pb-Zn-Sulfide		....	■	■	■	■	....
(Bi-)Co-Ni-Fe-Arsenide			....	■	■	■	■
Ag-Hg-Sb-As-Mineralen			....	....	....	....	■

1
 2
 3
 4
 5

Abb. 2. Allgemeines Paragenesenschema (Standard) der saxonischen Fluorit-Baryt-Lagerstätten (aus Baumann & Leeder, 1969)

Intensität-Extensität: 1 — Sehr stark; 2 — Stark; 3 — Mittel; 4 — Schwach; 5 — Sporadisch.

Diese fünf Mineralisationsphasen lassen sich in fast allen saxonischen Lagerstättenbezirken Mitteleuropas nachweisen, wobei die Intensität der einzelnen Phasen (= Gangformationen) regional unterschiedlich ist. So sind die einzelnen Formationstypen in folgenden Bezirken besonders betont:

* Die in Klammer angeführten Typenbegriffe entsprechen den klassischen Gangformationsbezeichnungen des Erzgebirges.

eba-Typ: Erzgebirge (DDR- und ČSSR-Seite), Ostthüringen, Harz (Ilfelder Becken), W-Sudeten, Oberpfalz (Nabburg), Franken, Spessart-Odenwald, Schwarzwald, Slowakei;

fba-Typ: — mit wenig Sulfiden

Flechtingen, E-Harz, Thüringer Wald, Richelsdorfer Geb., Erzgebirge (ČSSR-Seite), N-Sudeten, W-Sudeten, Böhmisches-Mährisches Kristallin, Oberpfalz, Franken, Bayerischer Wald, Spessart-Odenwald, Rheinpfalz, Schwarzwald;

— mit viel Sulfiden

E-Erzgebirge (Freiberg-Halsbrücke), N-Harz, W-Harz, Sudeten, Mittelböhmen, Rheinisches Schiefergebirge, Schwarzwald (N-Teil), Alpennordrand (z. T.);

BiCoNi-Typ: W-Erzgebirge (DDR- und ČSSR-Seite), W-Sudeten, Thüringer Becken (Mansfelder Rücken), Richelsdorfer Geb., W-Harz, Rheinisches Schiefergebirge, Schwarzwald (N-Teil), Oberpfalz;

Ag-S-Typ: Erzgebirge, W-Harz, Böhmisches-Mährisches Kristallin, Oberpfalz, Richelsdorfer Geb., Rheinpfalz;

Fe-Mn-Typ: Erzgebirge (DDR- und ČSSR-Seite), Harz, Thüringer Wald, Böhmisches-Mährisches Kristallin, Oberpfalz, Bayerischer Wald, Schwarzwald (Rheintalgraben), Brahmischer Massiv.

Aus der Vorherrschaft einzelner oder aller Formationstypen kann man eine gewisse regionale Zonalität ableiten, die auf gewisse Zentren der Mineralisation schließen läßt. Je tiefer bzw. größer der Grundgebirgsanschnitt ist, umso deutlicher tritt die Gesamtheit aller Formationstypen in Erscheinung (Erzgebirge, Thüringen, Harz, Böhmisches-Mährisches Kristallin, Sudeten, Schwarzwald). Diese Bereiche stellen gleichzeitig die Hauptzentren der saxonischen Mineralisation dar. Demgegenüber sind im Bereich der kleinen Horstbildungen bzw. in den Zwischengebieten der Grundgebirgsschollen oftmals nur einzelne Formationstypen ausgebildet (Flechtinger Scholle, Richelsdorfer Geb., Spessart, Odenwald, N-Sudeten). Des weiteren ist beim regionalen Vergleich der Mineralparagenesen der jeweilige Charakter des Nebengesteins (strukturell und stofflich) zu berücksichtigen. So können in kalkigen Gesteinen metasomatische Verdrängungen auftreten (z. B. Schmalkalden und Leutnitz/Thür.). Entsprechend dem herrschenden Redoxpotential im Ausscheidungsbereich sind Veränderungen im Mineralcharakter zu beobachten. So kann z. B. das Fe als Hämatit (oxydisch), als Siderit (karbonatisch) oder als Pyrit-Markasit (sulfidisch) abgeschieden werden. Dabei sind die oxydischen Bildungen bevorzugt an saure Effusiva (Ilmenau, Ilfeld, N-Sudeten) oder kristalline Schiefer (Erzgebirge) und die karbonatischen Bildungen an pelitisch-psammitische Sedimentgesteine gebunden (Ostthüringen, Harz). Allgemein bekannt ist auch die topomineralische Einflußnahme auf die Ausscheidung der BiCoNiAg-Formation (durch bitumiöses Nebengestein: Mansfeld, Richelsdorf; durch basische Metamorphite: Erzgebirge).

3. 2 Mineralisationsepochen

Hinsichtlich der absoluten zeitlichen Eingliederung der Fluorit-Baryt-Mineralisationen wurden nach den älteren Ansichten, insbesondere nach *Schneiderhöhn* (1941), alle Gänge, unabhängig von ihrer Paragenese und ihrer strukturellen Position, zum postmagmatischen Gangfolge der variszischen Granite gerechnet. In einigen Fällen, wie im Schwarzwald, im Erzgebirge und im Vogtland, ließen sich scheinbar einwandfreie Zonalitäten zu Granitoberflächen zeigen. Ein Musterbeispiel dafür war die Lagerstättenzonalität um den Ramberggranit des Harzes.

Andererseits wurden alle Lagerstätten, die in jüngeren Schichten auftreten oder abweichende Paragenesen zeigen und einer derartigen Einordnung nicht entsprechen, für sekundär-hydrothermale Bildungen angesehen (*Schneiderhöhn* 1949, 1953). Diese Vorstellung war in vielen Fällen unlogisch und hielt einer eingehenderen Überprüfung nicht stand. Auf Grund umfangreicher Untersuchungen der letzten Jahre ergibt sich, daß in den meisten Lagerstättenbezirken Mitteleuropas zwei verschiedenartige und genetisch unterschiedliche Mineralisationszyklen (variszisch und postvariszisch = saxonisch) unterschieden werden können. Eine wesentliche Ergänzung der paragenetischen Untersuchungen waren dabei vor allem absolute Altersdatierungen (U-Pb, K-Ar, Pb-Pb), isotopengeochemische ($^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) und geochemische Bestimmungen (*Baumann & Rösler* 1967, *Baumann & Leeder* 1969 u. a.) sowie systematische Untersuchungen an Flüssigkeitseinschlüssen in Fluoriten (*Baumann, Harzer & Leeder*, 1972).

Die Ergebnisse lassen keinen Zweifel an der absoluten zeitlichen Einstufung der Fluorit-Baryt-Lagerstätten Mitteleuropas. Außer den synsedimentären devonischen Geosynklinallagerstätten vom Typ Rammelsberg-Meggen (Ba) und den mit geringer Intensität auftretenden Mineralisationen in der pneumatolytischen (F) und hydrothermalen Gangfolge (Ba) der variszischen Granite sind die bedeutenden F-Ba-Mineralisationen in den saxonischen (alpidischen) minerogenetischen Zyklus einzuordnen. Dabei kann die saxonische Mineralisation bereits im Zechstein einsetzen, wie die synsedimentären Fluorite von Caaschwitz bei Cera vermuten lassen. Die Hauptbildungszeit fällt jedoch in die kimmerische und subherzyne Phase des Mesozoikums. In dieser Zeit bildeten sich sowohl die saxonischen Ganglagerstätten als auch die syngenetischen Vorkommen im Wettersteinkalk der nördlichen und südlichen Kalkalpen und im Keuper von Hildburghausen sowie die metasomatischen Vorkommen im Zechstein von Thüringen.

Die im Tertiär gebildeten Gangvorkommen treten in ihrer Bedeutung weit zurück. Sie sind jedoch genetisch sehr interessant, zumal in der Umgebung von Teplice auch eine rezente und subrezente Fluoritabscheidung zu beobachten ist. Die tertiären bis rezenten Kohlsauerlinge sind als letzte Aktivitäten dieses Mineralisationszyklus anzusehen (Abb. 1).

4. Zur Genese der Fluorit-Baryt-Lagerstätten

4. 1 Zur Herkunft der Lösungen

Die Anerkennung einer weitgehenden strukturellen und paragenetisch-geochemischen Übereinstimmung der mitteleuropäischen Fluorit-Baryt-Lagerstätten setzt einen gemeinsamen und stofflich identischen Ursprungsherd voraus. Bei der regional sehr ausgedehnten Mineralprovinz von der Rheinischen Masse bis an die mährisch-slowakische Grenze und von der Flechtinger Scholle bis an den Alpen-nordrand kann es sich natürlich nicht um einen einzigen Ursprungsherd handeln, sondern nur um mehrere Herde, die im gleichen Zeitraum unter gleichen Bedingungen aktiv gewesen sind. Die postmagmatische Tätigkeit palingener Granite scheidet als Quelle aus, da Granite weder zeitlich, räumlich noch stofflich in die saxonische Tektogenese eingeordnet werden können. Eine Spätwirkung der variszischen Granite ist aus kalorischen und petrogenetischen Gründen ebenfalls sehr unwahrscheinlich.

Seit Beginn der eingehenderen Untersuchung von Fluorit-Baryt-Lagerstätten, speziell im Raum von Thüringen, wurden eine Reihe von Bildungshypothesen entwickelt (*Bärtling* 1911; *Staub* 1928, 1929; v. *Engelhardt* 1936; *Thienhaus* 1941; *Gimm* 1947; *Oelsner* 1956 u. a.), die jedoch aus tektonischen, geochemischen, paragenetischen, lagerstättenkundlichen oder zum Teil auch aus rein logischen Gründen verworfen werden mußten (*Werner* 1958, 1966; *Baumann & Rösler* 1967; *Leeder* 1967 u. a.).

Ausgehend von den geotektonischen Vorstellungen über die Wechselwirkung zwischen Erdmantel und -kruste kann festgestellt werden, daß Bildung und Umbildung der Sialschale kausal durch säkular-plastische Massenverlagerungen im Mantel bedingt sind. Bruchreaktionen der spröden Kruste geben Anlaß zu Druckentlastungen, Magmenbildung und Magmenaufstieg aus dem Mantelbereich. Bevorzugte Gelegenheiten für den Aufstieg simatisch-juvener Magmen sind einmal die Geosynklinaleneinsenkungen mit ihren Randbrüchen und zum anderen die quasia-kratone Bruchtektonik in den Tafelbereichen. Damit besteht im Anfangs- und Endstadium (Konsolidierungsstadium) eines orogenetischen Zyklus die Möglichkeit zu Intrusionen und Effusionen juveniler Magmen. Auch die autonomen Tafel-Aktivierungen sind kein steriler Prozeß, wie bisher häufig angenommen wurde, sondern können mit intensiven magmatisch-lagerstättenbildenden Vorgängen verbunden sein (*Šteglou* 1969). So sind die Ganglagerstätten Transbaikaliens, des Aldan, Bulgariens, der westlichen USA-Staaten und vieler anderer Gebiete im wesentlichen an ausgeprägte Bruchzonen gebunden, wie überhaupt 85 % aller Fluoritlagerstätten der Welt von Tiefenbrüchen kontrolliert werden (*Gruškin* 1964).

Im Falle von Intrusionen neigen simatische Schmelzen zur weitgehenden gravitativen Differentiation, die unter Ausscheidung schweren Materials in den tieferen Bereichen (ultrabasischer und basischer Gesteine) zu alkalireichen, atlantischen

Magmen in den oberen Zonen führt. Die dabei auftretende Anreicherung von leichtflüchtigen Stoffen, leichten Elementen und speziell von Alkalien fördert die weitere Differentiation, die unter günstigen Umständen bis zu extremen Fraktionen führen kann. Für derartige reife Differentiationskomplexe ist die Kombination von Alkaligesteinen, wie Alkali- und Nephelinsyenite, Ijolithe, Melteigite, Foyaite und vor allem Karbonatite, neben Oliviniten, Pyroxeniten und Alkaliultrabasiten typisch. Es ist weiterhin wichtig, daß speziell in den leichtesten Alkaligesteinsdifferentiaten vor allem die Elemente angereichert werden, die in den Paragenesen der saxonischen Lagerstättenbildungen auftreten: Ca-Mg-Ba-Sr, Fe-Mn, Pb-Zn-Cu, F, SO₄, S, CO₂ und als Spurenelemente Bi, Co, Ni, SE, U, Hg, Sb und As. Aus vielen Karbonatitvorkommen ist bekannt, daß neben den Karbonaten vor allem Fluorit und Baryt bis zu Lagerstättendimensionen angereichert sein können. Bisher wurden im Weltmaßstab rund 330 Karbonatitkomplexe, besonders in aktivierten Tafelbereichen, nachgewiesen. Mit diesen simatogenen Differentiationsbildungen sind bedeutende Lagerstätten von Calcit-Dolomit, Fluorit, Baryt, Apatit, Magnetit sowie zahlreiche anderer Minerale, u. a. auch Fe-Ni-As-S-Minerale sowie Cu-Pb-Zn-Sulfide, verbunden (*Smirnov* 1970; *Tuttle & Gittins* 1965 u. a.). Auch die Fe-Mn-Ba- und Pb-Zn-Cu-Ba-Bildungen des jungen aktiven Riftsystems des Roten Meeres werden mit einem simatischen Magmatismus in Verbindung gebracht (*Bonatti* u. a., 1972).

Überträgt man diese weltweit zu beobachtenden Tatsachen auf die lokalen Verhältnisse Mitteleuropas, so ergeben sich folgende Schlußfolgerungen:

Die Alpengeosynklinale und die nördlich angrenzenden variszisch konsolidierten Tafelgebiete Mitteleuropas unterliegen während des Mesozoikums-Känozoikums weitgehend einer gemeinsamen tektonischen Beanspruchung, die im mitteleuropäischen Raum vorwiegend germanotyp (= saxonische Tektogenese) in Erscheinung tritt. Die durch die tiefreichenden Bruchzonen aktivierten simatisch-juvenilen Magmen vermögen sich zu differenzieren und im Verlauf der gravitativen Stofftrennung lagerstättenbildende Lösungen bereitzustellen. Derartige Differentiationsherde werden sich dort bilden, wo die tektonischen Bedingungen zum Aufstieg günstig sind. Das wird auf bedeutenden Störungen mit entsprechendem Tiefgang oder auf Kreuzungsstellen derartiger Strukturen der Fall sein. Erneute Bewegungen auf diesen Störungen geben dann Anlaß zum Aufstieg postmagmatischer Lösungen. Die Messung der Homogenisierungstemperaturen an Flüssigkeitseinschlüssen von Fluoriten des Harzes und des Erzgebirges führten zu Bildungsbereichen von 400—300 C bei altersmäßiger Abstufung der einzelnen Fluoritgenerationen. Das Maximum der gemessenen Temperaturen liegt dabei zwischen 90⁰ und 160⁰ C (Abb. 3). Diese Messungen wurden durch Sauerstoffisotopen-Untersuchungen an Karbonaten und an Quarzen der gleichen Paragenesen ergänzt. Dabei ergaben sich z. B. bei den Temperaturmessungen über die Isotopenverhältnisse an den Karbonaten nur vernünftige Werte, wenn sie auf Wasser von magmatisch-juvener Herkunft modelliert wurden. Die Modellierung der Isotopenzusammensetzung sowohl der Karbonate als auch der Quarze auf rein

magmatisches Wasser führte zu Bildungstemperaturwerten, die mit den aus den Homogenisierungsmessungen gewonnenen Temperaturen vollkommen übereinstimmen. Aus den gemessenen ^{18}O -Werten ließ sich somit der Schluß ziehen, daß hinsichtlich des Ursprungs der mineralbildenden Hydrothermen der postvariszischen (saxonischen) Fluorit-Baryt-Lagerstätten ein primärmagmatischer, d. h. simatisch-juvener Herd angenommen werden kann (*Baumann, Harzer u. Leeder 1972*).

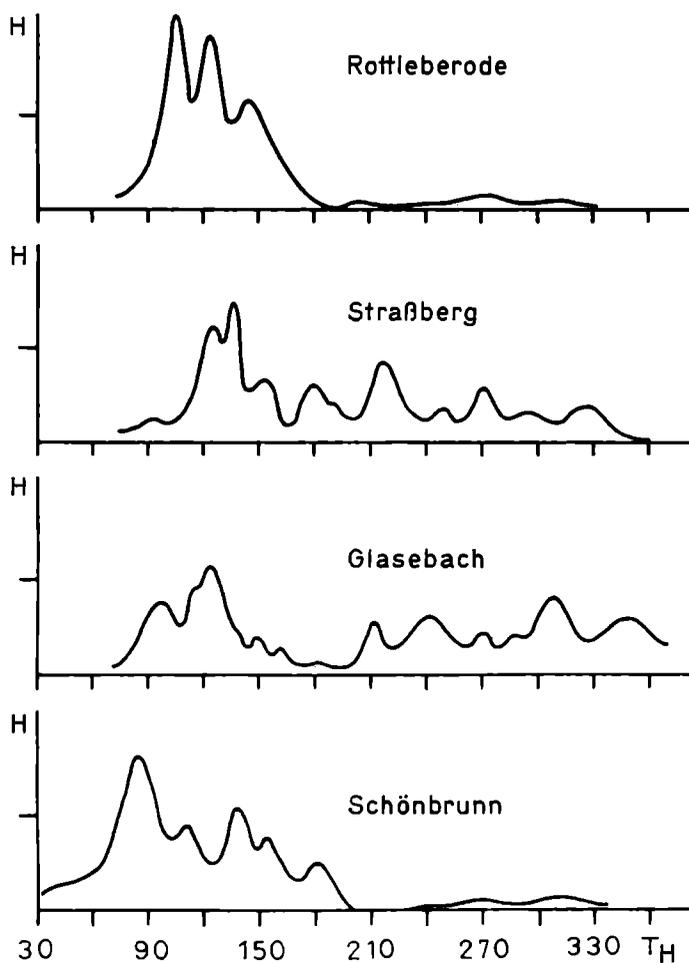


Abb. 3. Häufigkeitsdiagramm der Homogenisierungstemperaturen (T_H) an Flüssigkeitseinschlüssen von Fluoriten einiger Lagerstätten des Harzes und des Erzgebirges (aus *Baumann, Harzer und Leeder, 1972*).

4. 2 Die minerogenetische (metallogenetische) Stellung der Fluorit-Baryt-Lagerstätten in Mitteleuropa

Die Fluorit-Baryt-Lagerstätten und -Vorkommen Mitteleuropas lassen sich zwei minerogenetischen Zyklen zuordnen: dem geosynklinal-orogenen variszischen und dem kratogen-bruchtektonisch betonten postvariszischen (saxonischen) Zyklus. Innerhalb beider Zyklen treten syngenetisch-sedimentäre Vorkommen hydrothermalen Herkunft, hydrothermale Gangfüllungen und azendent-metasomatische Bildungen auf. Die weitaus größte Zahl der Vorkommen gehört zum saxonischen Zyklus i. e. S., der die tektonischen Hauptphasen des Mesozoikums umfaßt. In diesem Zyklus werden auch die wirtschaftlich wichtigsten Fluorit-Baryt-Lagerstätten gebildet.

Diese saxonischen Lagerstätten haben drei gemeinsame Merkmale, die die Zuordnung zu einer einheitlichen minerogenetischen Provinz rechtfertigen:

- a) eine übereinstimmende stoffliche Zusammensetzung, die sich von den Paragenesen über die Minerale, Haupt- und Spurenelemente bis zu den Isotopenwerten erstreckt;
- b) eine weitgehend analoge strukturelle Position, die sie trotz der Unterschiede in der Form und im Auftreten innerhalb verschiedener lithofazieller Bereiche an die saxonische Tektonik bindet;
- c) eine weitgehende Altersgleichheit, die sich aus der tektonischen Stellung ergibt und die durch geologische und physikalische Datierungen sowie durch geochemische Kriterien belegt ist.

Der wesentliche Faktor der Kausalzusammenhänge ist die Tektonik. Ausgehend von den geotektonischen Vorgängen, die zur Anlage der Alpengeosynklinale führten, reicht der Einfluß der Tektonik über die Anlage von Störungssystemen, z. T. in persistenten Lineamenten, und über die Magmenintrusionen auf diesen bis zu den raumschaffenden Prozessen für den Aufstieg und die Verteilung der Hydrothermen aus differenzierten Herden sowie für den Mineralabsatz.

Der Zusammenhang mit dem Alpenorogen spiegelt sich in der weitgehenden Zeitgleichheit der alpidischen Bewegungsphasen mit der saxonischen Tektonik Mitteleuropas wider. Die Bruchstrukturen laufen entweder quasiparallel zur alpidischen Geosynklinalfurche (herzynisch streichende mesozoische Störungssysteme) oder normal zu dieser (rheinische und eggische Strukturen, z. T. erkennbar in Form von geophysikalischen Anomalien oder Grabenbrüchen).

Ausgeprägte Lagerstättenkonzentrationen und sonstige magmatische Aktivitäten sind an diese Richtungen und insbesondere an die Kreuzungsbereiche der beiden Störungssysteme bzw. an Kreuzungen mit erzgebirgisch streichenden Strukturen gebunden (Abb. 4). Auch die Bindung des jüngsten tertiären simatischen Magmatismus und der rezenten Kohlsäuerlinge an diese Kreuzungsbereiche ist evident.

Die weiterhin offensichtliche Bindung der Lagerstätten an Grundgebirgsschollen darf nicht dahingehend ausgelegt werden, daß eine genetische Beziehung

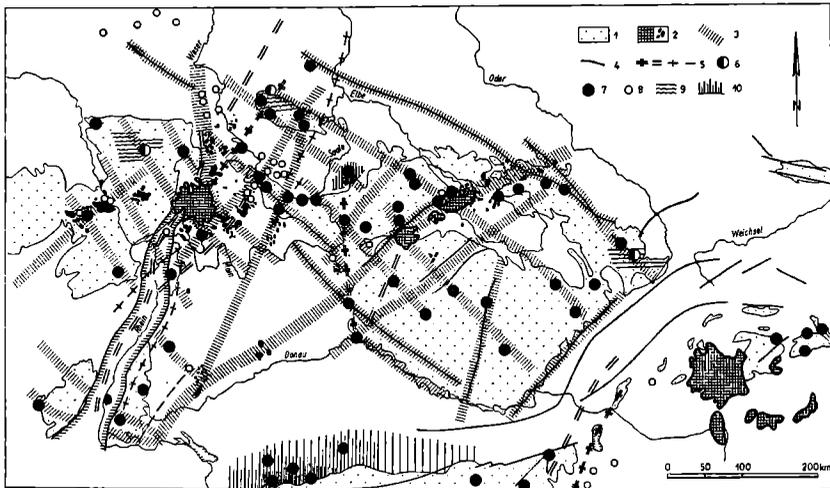


Abb. 4. Beziehungen zwischen tektonischen Strukturen, postvariszischem Magmatismus und Verbreitung der Fluorit-Baryt-Lagerstätten in Mitteleuropa.

- 1 — Paläozoisches Grundgebirge; 2 — Postvariszische Effusiva; 3 — Störungszonen;
- 4 — wichtige Tiefenstörungen; 5 — Geophysikalische Anomalien; 6 — Variszische F-Ba-Lagerstätten; 7 — Saxonische F-Ba-Lagerstätten (z. T. mit variszischen Mineralisationen);
- 8 — Kohlensäuerlinge (Tertiär); 9 — Paläozoische Schichten mit syngenetischer Mineralisation; 10 — Mesozoische Schichten mit syngenetischer Mineralisation.

zwischen paläozoischen Gesteinen oder Magmatiten und diesen Lagerstätten vorhanden ist. Der Zusammenhang besteht lediglich darin, daß im Zuge der tektonischen Zerstückelung des Tafelgebietes, der dadurch bedingten Vertikalbewegungen der Teilschollen und der magmatischen Prozesse im Untergrund Hoch- und Tiefschollen entstehen, wobei erstere die heutigen Grundgebirgsanschnitte darstellen. Die Beziehung Lagerstätte-Grundgebirge ist nur mechanisch bedingt, indem die kristallinen Gesteine dieser Bereiche günstige Möglichkeiten zur Spalten- und Raumbildung bieten. Eine Bestätigung dafür ist in der Vertauung der lagerstättenführenden Strukturen beim Verlassen der Schwellengebiete und in der Mineralisationsfreiheit der gleichen Störungen in den Beckenbereichen (Tiefschollen) zu sehen. Daraus ergibt sich, daß alle herzynischen Störungen im Bereich von Grundgebirgserhebungen generell als lagerstättenhöfzig anzusehen sind.

Die tertiären Mineralvorkommen gleicher Paragenese stellen ein jüngeres Äquivalent zu den saxonischen Lagerstätten dar. Sie stehen zeitlich mit der Endphase der alpidischen Orogenese in Verbindung, die sich kinetisch auch im konsolidierten Vorland auswirken mußte. Mit diesen Bewegungen sind analoge, wenn auch im Umfang bescheidenere magmatische und postmagmatische Prozesse verbunden. Daher sind auch die tertiären Störungen im Bereich des begleitenden Magmatismus als lagerstättenhöfzig anzusehen.

Neben diesen strukturell kontrollierten intrakrustalen Fluorit-Baryt-Lager-

stätten besteht noch die Möglichkeit eines submarinen Hydrothermenaustritts und einer syngenetischen Ausscheidung der Mineralsubstanz im Rahmen der marinen Sedimentation. Es kommt dann zu den submarin-hydrothermalen und (sekundär)-metasomatischen Vorkommen in verschiedenen sedimentären Schichten des Mesozoikums-Känozoikums (Zechstein: Caaschwitz/Thür.; Buntsandstein: Brahmischer Massiv; Wettersteinkalk: Vorkommen der Nördlichen und Südlichen Kalkalpen, Gorný šlask; Keuper: „Bleiglanzbänke“ von Römhild/Thür., Hildburghausen; Kreide: Dollbergen/Niedersachsen). Auf Grund der sehr ähnlichen Elementkombinationen und Mineralparagenesen (F, \pm Ba, Fe, Pb, Zn, Cu) ist es sehr wahrscheinlich, daß diese mesozoischen hydrothermal-sedimentären Lagerstätten einerseits und die saxonischen Ganglagerstätten (einschließlich der metasomatischen) andererseits genetische Äquivalente in unterschiedlichen strukturellen und lithologischen Verhältnissen darstellen.

Literatur

- Bärtling*, R. (1911): Die Schwespatlagerstätten Deutschlands. — Stuttgart.
- Baumann*, L. (1967): Zur Frage der varistischen und postvaristischen Mineralisation im sächsischen Erzgebirge. — Freib. Forsch.-H. C 209, 15—36.
- Baumann*, L. (1968): Die Mineralparagenesen des Erzgebirges — Charakteristik und Genese. — Freib. Forsch.-H. C 230, 217—233.
- Baumann*, L. & H. J. Rösler (1967): Zur genetischen Einstufung varistischer und postvaristischer Mineralisationen in Mitteleuropa. — Bergakademie, 16, H. 11, 660—664.
- Baumann*, L. & C.-D. Werner (1968): Die Gangmineralisation des Harzes und ihre Analogien zum Erzgebirge und zu Thüringen. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., Reihe B, 13, H. 5, 525—548, Berlin.
- Baumann*, L. & O. Leeder (1969): Paragenetische Zusammenhänge der mitteleuropäischen Fluorit-Baryt-Lagerstätten. — Freib. Forsch.-H. C 266 (Top. Rep. of IAGOD, Vol. I), 89—99.
- Baumann*, L., D. Harzer & O. Leeder (1972): Beitrag zum Charakter mineralbildender Lösungen in einigen Hydrothermallagerstätten der DDR. — Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., Reihe B, 17, H. 3, 341—355, Berlin.
- Bonatti*, E., D. E. Fisher, O. Joensuu, H. S. Rydell & M. Beyth (1972): Iron-Manganes-Barium deposits from the northern Afar-Rift (Ethiopia). — Econ. Geol. 67, 717—730.
- Borchert*, H. (1967): Genetische Unterschiede zwischen varistischen und saxonischen Lagerstätten Westdeutschlands und deren Ursachen. — Freib. Forsch.-H. C 209, 47—63.
- Chrt.*, J., H. Bolduan & al. (1966): Die postmagmatische Mineralisation des Westteils der Böhmisches Masse. — Sbornik geol. věd. ř. LG. 8, 113—192.
- Chrt.*, J. & H. Bolduan (1967): Die postmagmatische Mineralisation des Westteils der Böhmisches Masse. — Freib. Forsch.-H. C 209, 39—46.
- Chrt.*, J. (1968): Fluorite Deposits in Czechoslovakia. — Geologický průzkum, Vol. X, H. 7—8, 66—67.
- Chrt.*, J., H. Bolduan, K.-H. Bernstein, J. Legierski & al. (1968): Räumliche und zeitliche Beziehungen der postmagmatischen Mineralisation der Böhmisches Masse zu Magmatismus und Bruchtektonik. — Z. angew. Geol., 14, H. 7, 362—376.
- Engelhardt*, W. v. (1936): Die Geochemie der Bariums. — Chemie der Erde, 10, 187—246, Jena.
- Friedrich*, O. M. (1953): Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. — Radex-Rundschau, 7/8, 371—407.
- Friedrich*, O. M. (1968): Die Vererzung der Ostalpen, gesehen als Glied des Gebirgsbaues. — Der Karinth., 58, 6—17.
- Gimm*, W. (1947): Die magmatischen Lagerstätten des Thüringer Waldes. — Unveröffentl. Diss., Bergakademie Freiberg.
- Gruškin*, G. G. (1964): Einige Besonderheiten der Bildung von Fluorit-Lagerstätten (russ.). — Geologija rudn. mestorozd. 1, 15—32.

- Jung, W.* (1965): Zum subsalinaren Schollenbau im südöstlichen Harzvorland. Mit einigen Gedanken zur Äquidistanz von Schwächezonem. — *Geologie*, 14, 254—271.
- Kopecký, L.* (1971): Relationship between fenitization, alkaline magmatism, Barite-Fluorite Mineralization and deep-fault tectonics in the Bohemian Massif. — Upper Mantle Projekt Programme in Czechoslovakia 1962—1970, *Geology Final Report*, Praha 1971, 73—95.
- Krausse, H.-F. & A. Pilger* (1969): Möglichkeiten der Rejuvenation von Pb-Zn-Erzlagerstätten im Saxonikum. — Meeting on Remobilization of Ores and Minerals. — Cagliari, August 1969, 101—127.
- Lange, P. & W. Steiner* (1971): Eggische Strukturlinien im geologischen Bauplan der Deutschen Demokratischen Republik. — *Geologie*, 20, H. 3, 213—235.
- Leeder, O.* (1966): Geochemie der Seltenen Erden in natürlichen Fluoriten und Kalziten. — *Freib. Forsch.-H. C 206*.
- Leeder, O.* (1967): Die Einstufung von mitteleuropäischen Ganglagerstätten mit Hilfe des Gehaltes an Seltenen Erden. — *Freib. Forsch.-H. C 209*, 99—117.
- Mohs, A.* (1931): Zur Frage der tertiären telemagmatischen Erze in Mitteleuropa. — *Z. prakt. Geol.*, 39, 13—15, Halle.
- Oelsner, O.* (1956): Zur Frage der Entstehung der saxonischen Lagerstätten, speziell auf den Randspalten des Thüringer Waldes. — *Geologie*, 5, 685—694, Berlin.
- Petráscheck, W. E.* (1965): Typical features of metallogenetic provinces. — *Econ. Geol.*, 60, 1620—1634.
- Petráscheck, W. E.* (1968): Kontinentalverschiebung und Erzprovinzen. — *Mineral. Deposita* (Berl.) 3, 56—65.
- Sattran, V. & al.* (1966): Problémy metalogeneze Českého masivu. — *Sbornik geol. věd. f. LG.* 8, 7—112.
- Ščeglov, A. D.* (1969): Endogenous deposits of the regions of autonomous activation (engl.). — *Internat. Geol. Congr., Rep. of XXIII. Session Czechosl., Proc. Sect. 7, Endogen ore dep.*, 43—55.
- Schneiderhöhn, H.* (1941): Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. Bd. 1. — G. Fischer Verl., Jena.
- Schneiderhöhn, H.* (1949): Schwerspat- und pseudomorphe Quarzgänge in Westdeutschland. — *N. Jb. Min., Mh.*, 191—202, Stuttgart.
- Schneiderhöhn, H.* (1953): Fortschritte in der Erkenntnis sekundär-hydrothermalen und regenerierter Lagerstätten. — *N. Jb. Min., Mh.*, Stuttgart, 223—237.
- Schröder, N.* (1970): Die magmatogenen Mineralisationen des Thüringer Waldes und ihre Stellung im varistischen und saxonischen Mineralisationszyklus Mitteleuropas. — *Freib. Forsch.-H. C 256*, Leipzig.
- Schröder, N.* (1971): Zur Gliederung, zeitlichen Einstufung und genetischen Deutung der magmatischen Mineralisationen Mitteleuropas — ein Diskussionsbeitrag. — *Freib. Forsch.-H. C 288* (Top. Rep. of IAGOD, Vol. III), 121—137.
- Smirnov, V. I.* (1970): Geologie der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe. — Übers. aus dem Russ.; Originalausgabe Moskau 1965). — VEB Deutscher Verl. f. Grundstoffindustrie, Leipzig. 563 S.
- Staub, A. W.* (1928): Beiträge zur Kenntnis der Schwerspat- und Flußspatlagerstätten des Thüringer Waldes und des Richelsdorfer Gebirges. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, 80, 43—96, Berlin.
- Staub, A. W.* (1929): Die Flußspatlagerstätten des Thüringer Waldes. — *Z. prakt. Geol.*, 37, 49—55, 68—72, Halle.
- Teuscher, E. O. & W. Weinelt* (1972): Die Metallogenese im Raume Spessart-Fichtelgebirge-Oberpfälzer Wald-Bayerischer Wald. — *Geologica Bavarica*, 65, 5—73, München.
- Thienhaus, R.* (1941): Die Schwerspatgänge des Richelsdorfer Gebirges. — *Z. angew. Min.*, 3, 21—52, Berlin.
- Tuttle, O. F. & J. Gittins* (1965): *The Carbonatites*. — Interscience Publishers, New York-London-Sydney. 591 S.
- Werner, C.-D.* (1958): Geochemie und Paragenese der saxonischen Schwerspat-Flußspatgänge im Schmalkaldener Revier. — *Freib. Forsch.-H. C 47*, Berlin.
- Werner, C.-D.* (1966): Die Spatlagerstätten des Thüringer Waldes und ihre Stellung im Rahmen der saxonischen Metallprovinz. — *Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss., Reihe B*, 11, H. 1, 5—47.