

Mineralquellen (Thermen) und Minerallagerstätten in den Ostalpen.

Von Alexander Tornquist, Graz.

Der Umstand, daß wir in den Ostalpen häufig inmitten oder in der Nähe von Erzrevieren auch Mineralquellen beobachten, hat immer wieder zur Stellung der Frage Anlaß gegeben, ob beide in einem genetischen Verhältnis stehen. Ich möchte die Beantwortung dieser Frage im folgenden auf Grund der neueren Erkenntnisse über die Vererzungsvorgänge in den Ostalpen und auf Grund der neueren Thermenforschung einer Erörterung unterziehen, welche in der Angabe neuer Untersuchungswege ausklingt, welche mir ebenso für das Verständnis der Vererzungsvorgänge, als auch für die Kenntnis unserer Thermen von Bedeutung zu sein scheinen.¹⁾

Genetische Beziehungen zwischen Mineralquellen und Minerallagerstätten können nur so gemeint sein, daß beide auf Äußerungen von in der Tiefe gelegenen Magmenkörpern, demnach auf Vorgänge (telemagmatische) von Tiefenvulkanismus zurückzuführen sind. In diesem Sinne würden derzeit sichtbare Thermalauftriebe den „Mineralisatoren“ bestimmter Minerallagerstätten entsprechen, das heißt den aus der Tiefe aufsteigenden mineralisierten Wässern, welche jene Stoffe zu den Lagerstätten fördern, welche im Gegensatz zur stofflichen Zusammensetzung des umgebenden Gesteins in den Mineralfüllungen der Lagerstätten auftreten. Den genetischen Beziehungen zwischen Mineralquellen und Minerallagerstätten werden daher im folgenden nur insofern nachgegangen, als sie beide, die Thermalauftriebe und die Mineralisatoren von Minerallagerstätten, juvenile Wässer sind.

¹⁾ Die im Nachfolgenden niedergelegten Gedankengänge bilden den Inhalt eines Vortrages, welchen ich am 12. September 1928, anlässlich einer Exkursion der Deutschen Geologischen Gesellschaft im Hotel Straubinger in Bad Gastein gehalten habe.

Von den zahlreichen Mineralquellen der Ostalpen²⁾ würden daher nur diejenigen in Betracht zu ziehen sein, welche sich durch eine entsprechende Radioaktivität (Emanation), durch erhöhte Temperatur (über 20° C³⁾ und durch entsprechende Mineralisierung (Führung von Cl, B, F und R) mit hinreichender Sicherheit als juvenil oder mit juvenilen Komponenten vermischt zu erkennen geben, während andererseits auch nur jene Mineralagerstätten in diesem Zusammenhang zu betrachten wären, welche ihre Füllung aus sicher juvenilen Mineralisatoren erhielten. Das gilt vor allem für die sulfidischen Erzlagerstätten, nach meiner und der allgemeiner verbreiteten Auffassung auch für die ostalpinen Siderit- und Magnesitlagerstätten, während die liquidmagmatischen (Chromit-Magnesitlagerstätten) und andere (Limonit- und Bauxitlagerstätten) ausscheiden.

Nachdem Cotta im Jahre 1863 als erster die Vererzung bestimmter ostalpiner Lagerstätten durch mineralisierte aszendente Wässer erkannt und vor allem Pošepny die besondere, metasomatische Entstehung ostalpiner Lagerstätten nachgewiesen hatte, sind allerdings später immer wieder Auffassungen (Brunlechner u. a.) laut geworden, daß die in sulfidischen Lagerstätten auftretenden Metalle und Metalloide durch Lateralsekretion konzentriert seien. Der hauptsächlichste Vorwurf, welchen man der Auffassung der juvenilen Entstehung solcher Lagerstätten bis in die neueste Zeit⁴⁾ machte, war derjenige, daß heute keine juvenilen Wässer bekannt seien, in welchen ein Metallgehalt enthalten ist, aus dem man sich die Entstehung einer an Metallsulfiden reichen Lagerstätte denken könnte. Dieser Anschauung ist entgegen zu halten, daß nachweislich ein sehr geringer Metallgehalt unserer Thermen bereits zu unter unseren Augen entstehenden Erzausscheidungen führt. In der Elisabeth-Therme von Bad Gastein (46° C), in welcher in einem Liter Thermalwasser nur 0.00014 g Manganion vorhanden ist, findet ein sicht-

²⁾ Es sei auf die 1927 im Wiener Kartographischen Institut erschienene Karte (1:750.000) der Mineralquellen und Kurorte Österreichs verwiesen, welche allerdings keinen Anspruch auf Vollständigkeit besitzt. Die im jugoslawischen und neitalienischen Anteil der Ostalpen gelegenen Mineralquellen sind neben den Österreich verbliebenen im „Österreichischen Bäderbuch“, Wien (Urban und Schwarzenberg), 1914, beschrieben.

³⁾ Für Mineralquellen von 20° C gilt die Bezeichnung „Therme“.

⁴⁾ Vergl. u. a. A. Sachs: Aszensionstheorie und Epigenese der Erzlagerstätten. Zentralblatt für Min., Geol. u. Pal., 1914, S. 661.

barer Absatz des Reissacherit⁵⁾ in kürzester Frist statt. Schlägt man von der Wand der Gneiskluft, welcher die Therme entströmt, ein mit dem dunkelbraunen Reissacherit besetztes Gesteinsstück ab, so kann man nach kurzer Zeit auf der frischen Gesteinsoberfläche bereits wieder einen Belag dieses Erzes feststellen.

Wir finden in dieser Beobachtung zugleich den Ausgangspunkt für die Betrachtung der Beziehung von juvenilen Thermen und aus juvenilen Mineralisatoren entstandenen Erzlagerstätten, denn gerade bei den Thermen von Bad Gastein liegt die Annahme einer Beziehung zu den teilweise in nächster Nachbarschaft befindlichen Goldlagerstätten der Hohen Tauern sehr nahe. Diese Beziehungen sind aber sowohl nach den Ergebnissen der neueren Erzlagerstättenforschung als auch der neueren Thermenforschung sehr viel komplizierter als sie auf den ersten Blick erscheinen.

Zunächst gelingt es niemals, aus den vorliegenden chemischen Analysen unserer Thermen eine Beziehung zu den benachbarten Erzlagerstätten abzuleiten, außer den beiden Stoffen größter Ubiquität, dem S und dem Fe, treten die in unseren Erzlagerstätten abgesetzten Metalle in keiner der bisher gemachten Analysen auf. Wir könnten eine Beziehung erst dann erkennen, wenn die Thermalwässer auf kleinste Menge bestimmter Metalle und Metalloide gegebenenfalls mikrochemisch untersucht würden. Eine andere Methode, eine nähere Verwandtschaft zwischen räumlich nahe gelegenen Thermen und Erzlagerstätten festzustellen, würde in dem Nachweis bestehen können, daß die Thermen heute noch in dem gleichen Kluftsystem aufsteigen, in welchem die Mineralisatoren der Erzlagerstätten aus der Tiefe aufgestiegen sind. Für die Thermen von Bad Gastein und für die Golderzgänge der Hohen Tauern trifft es zu, daß beide an ein Kluftsystem gebunden sind, welches in 1^h streicht. Im Grunde genommen bedeutet dieser geologisch zu erbringende Nachweis nichts anderes, als daß die Erzlagerstätte, um welche es sich hier handelt, allerjüngsten Alters ist, so daß sie aus und auf Klüften entstanden ist, welche auch

⁵⁾ Reissacherit ist ein kolloidaler Niederschlag von Manganoxydhydrat mit wechselndem Eisengehalt und Beimengung von Radium und Mesothorium. (Heidinger: Jahrb. d. geol. R.A., Wien, 1856, S. 312.) Nach mündlicher Mitteilung konnte Herr Oberbergrat Dr. Imhof im Gestein von Reissacherit auch Au und Ag nachweisen.

heute noch die offenen Zufuhrwege aus der Tiefe darstellen. Für die allermeisten unserer alpinen Lagerstätten gilt diese Übereinstimmung offenbar nicht, denn wir sehen auch die jüngsten⁶⁾ unserer Blei—Zinkerz-Lagerstätten, diejenigen vom Typus Bleiberg—Kreuth in den Gailtaler Alpen bereits wieder von einem nach der Vererzung entstandenen (annähernd nord-südlichen) Kluftsystem durchzogen, welches heute allein als Zufuhrweg aus der Tiefe anzusehen ist. Jedoch liegen heute fast keine Beobachtungen über den Verlauf der Kluftsysteme vor, auf denen die juvenilen Thermen, welche im Bereich bekannter Erzlagerstätten der Ostalpen gelegen sind, aufsteigen. Eine besondere Berücksichtigung der Erscheinungsform vorhandener Mineralquellen bei geologischen Aufnahmen⁷⁾ würde ein wichtiges und geologisch-tektonisch auswertbares Beobachtungsmaterial beibringen. So wie sich die Untersuchung der Erzlagerstätten für die Tektonik hat auswerten lassen (vergl. Zitat in Fußnote⁶⁾), so würde das Gleiche auch durch die genaue Feststellung der Aufstiegswege der Thermen in den Ostalpen möglich sein.

Näher kommen wir dem Verständnis von Thermen und sulfidischen Erzlagerstätten, wenn wir neuerdings bekannt gewordene Züge beider aufeinander beziehen. Die neuere Erforschung der ostalpinen Blei—Zink-Erzlagerstätten durch meine Mitarbeiter und durch mich hat klar eine meist streng ausgeprägte Phasenvererzung in jedem einzelnen Falle erkennen lassen. Schon früher hatte Buttman das Bestehen einer Phasenvererzung bei der Bildung der Kupferlagerstätte Mühlbach, Granigg, Koritschoner bei derjenigen von Mieß (Mezica) bei Prävali in den Karawanken, Michel bei der Bildung der Tauern-Goldlagerstätten aufgedeckt. Während des Vererzungsprozesses hat sich der Chemismus der Mineralisatoren in einzelnen Phasen verändert. Diese Veränderung erfolgte nicht lokal, sondern beispielsweise in dem 140 km langen Vererzungszug der Gailtaler Alpen und Nordkarawanken, wie ich nachweisen konnte, nach übereinstimmendem Phasengesetz. Das Gleiche gilt für den 160 km langen Erzzug westlich und östlich von Laibach, beider-

⁶⁾ A. Tornquist: Probleme der Blei-Zinkvererzung der Ostalpen. Verh. d. geol. Bundesanstalt, 1928.

⁷⁾ Als vorbildlich sei hier auf die Berücksichtigung der Thermalauftriebe des Gleichenberger Vulkangebietes durch A. Winkler in seiner Arbeit: Das Eruptivgebiet von Gleichenberg in Oststeiermark. Jahrb. der geol. R.-A. Wien, 63., 1913, verwiesen.

seits der Save⁸⁾ und wahrscheinlich auch in dem 400 km² großen Gebiet des Grazer paläozoischen Gebirges.⁹⁾

Die in der Phasenvererzung abgebildete Abwandlung des Chemismus der Mineralisatoren ist in einer gesetzmäßigen Abwandlung des tiefenmagmatischen Exhalationsprozesses begründet, über welchen wir noch wenig wissen. Wir dürfen aber diese Feststellungen an den Mineralisatoren auf die Thermen übertragen und aus ihnen den Schluß ziehen, daß auch die Thermen eine zeitliche Abwandlung ihrer stofflichen Zusammensetzung erfahren müssen. Diese muß in erster Linie in der Führung von Schwermetallverbindungen und von Metalloiden, wie Cl, F, S und As zum Ausdruck kommen. Es ist natürlich sehr fraglich, daß wir eine sehr deutliche und phasenbestimmende Abwandlung in den kleinen Zeiträumen, welche wir heute noch zwischen einzelne Analysen der Thermalwässer legen können, feststellen können, da wir doch annehmen müssen, daß der Zeitraum, in welchem jede Vererzungsphase, beispielsweise unserer Blei-Zink-Erzlager, zum Absatz beträchtlicher Metallverbindungen geführt hat, ein recht bedeutender gewesen ist. Aber es sollte doch heute schon eine Beobachtungsbasis vielleicht für sehr viel später erst erkennbar werdende Veränderungen des stofflichen Inhaltes unserer Thermen geschaffen werden. Ich komme daher wiederum auf meinen oben gemachten Vorschlag zurück, unsere Thermalwässer nunmehr ungesäumt auf kleinste Mengen bestimmter Metalle und Metalloide gegebenenfalls auch mikrochemisch zu untersuchen und vor der Hand vielleicht je drei um ein halbes Jahr voneinander getrennte Thermalwasserproben dieser Untersuchung zuzuführen. Eine solche Untersuchung verspricht dort am ehesten ein Resultat, wo ein genetischer Zusammenhang heute vorhandener Thermen mit Erzlagerstätten allerjüngster Entstehung, bzw. mit den früheren Mineralisatoren dieser Lagerstätten am wahrscheinlichsten ist. Das trifft in den Ostalpen vor allem für die Thermen von Bad Gastein und für die nahen Golderzlagerstätten zu.

Es ist aber noch eine andere Feststellung an unseren ostalpinen Erzlagerstätten für die Ermittlung der Beziehung von

⁸⁾ Die Blei-Zinkerzlagerstätte der Savefalten vom Typus Lütija (Littai). Berg- und Hüttenm. Jahrb., 1929.

⁹⁾ Das System der Blei-Zink-Pyrit-Vererzung im Grazer Gebirge. Sitzungsber. d. Wien. Akad., 137., 1928.

diesen zu benachbarten Thermen von besonderer Bedeutung. Die Vererzungsprozesse gewisser Blei—Zink-Erzlagerstätten zeigen eine indifferente schwermetallarme I. Vererzungsphase und eine ähnlich ausgeprägte indifferente Endphase. Sowohl in der I., als auch in der Endphase werden Karbonate, in der I. Phase in der Regel Eisenkarbonate und Pyrit gebildet. Das ist sowohl in dem großen Blei—Zinkerzzug der Gailtaler Alpen—Karawanken, als auch in der gleichalten Lagerstätte von Raibl, ebenso in der oberkretazischen perimagmatischen Lagerstätte vom Offberg¹⁰⁾ der Fall. Es scheint, daß diese beiden Phasen die Regel für viele hydrothermalen Lagerstätten der Welt bilden, nur wird die karbonatische Endphase leicht bei Untersuchung der Lagerstätten, die sich in erster Linie Studium der Erze konzentriert, leicht übersehen.¹¹⁾ Es ist kaum anders möglich, als daß wir bei Erzlagerstätten, bei denen eine durch indifferente Karbonatbildung ausgezeichnete Endphase nachgewiesen werden kann, zur Annahme kommen, daß bei ihnen der Vererzungsvorgang tatsächlich bereits zum Abschluß gelangte. Um Einwänden zu begegnen, sei ausdrücklich betont, daß derartige karbonatische Anfangs- und Endphasen auch in solchen Lagerstätten auftreten, welche inmitten karbonatfreier Erstarrungs- oder Sedimentgesteine (Butte Montan, Littai in den Savefalten usw.) gelegen sind. Die Ausbildung von karbonatischen Anfangs- und Endphasen sind unabhängig vom Gesteinsträger der Lagerstätte, sie stellt die reine Abbildung telemagmatischer Vorgänge dar. Die Mineralisatoren gehen beim Abschluß des Vererzungsvorganges in schwermetallfreie mit CO₂ beladene Alkali- und Erdalkalien enthaltende Wässer über. Natürlich kann die Beendigung des Absatzes der Lagerstättenminerale, der Erze und ihrer Begleitminerale, auch andere Ursachen haben. Der Eintritt orogenetischer Bewegungen im Vererzungsgebiet würde ebenso die Aufstiegwege als auch den Ort des Mineralabsatzes verändern können, in einem solchen Falle würde die betreffende Erzlagerstätte keine vollständige Phasenfolge aufweisen, die letzte oder auch die letzten Abwandlungsphasen der Mineralisatoren sind in ihm nicht abgebildet worden.

¹⁰⁾ Vergl. Tornquist: Sitzungsber. Wiener Ak., 138., 1929, S. 47.

¹¹⁾ W. Lindgren hat die karbonatische Endphase der azsendenten Vererzung neuerdings auch bei der großen Kupfererzlagerstätte von Butte Montana erkannt. (Econ. Geol., 22., 1927, S. 304 bis 307.)

Aus diesen Erscheinungen in unseren Erzlagerstätten ist zu folgern, daß die Bestimmung der Schwermetallkomponenten in unseren Mineralquellen einen Aufschluß über die Richtigkeit der Auffassung zu geben verspricht, daß die Ausscheidung der Erzlagerstättenminerale eine strenge Folge des stofflichen Gehaltes der Mineralisatoren darstellt oder ob auch andere Momente für die Ausscheidung wesentlich in Frage kommen. Thermalwässer im Bereiche der Erzlagerstätten mit deutlich entwickelter Endphase dürften die in den Lagerstätten auftretenden Schwermetalle nicht mehr enthalten, dagegen müßten die Thermalwässer in noch wachsenden Erzlagerstätten die Stoffe der letzten vorgefundenen Vererzungsphase noch führen. Die oben angeregte feinchemische bis mikrochemische Untersuchung unserer Thermen würde auf diesem Wege die Erkenntnis wichtiger Grundfragen zur Beurteilung von Thermen und Erzlagerstätten erbringen können. Das gilt ebensowohl für die Untersuchung von Thermen inmitten unserer allerjüngsten Lagerstätten als von solchen inmitten endphasiger Lagerstätten.

In gleicher Weise wie die Resultate moderner Erzlagerstättenforschung für die Probleme der Thermenforschung neue Ausblicke ergeben, besitzen auch die Ergebnisse moderner Thermenforschung eine besondere Bedeutung für die Probleme der Lagerstätten genesis. Das gilt vor allem von den in vieler Beziehung überraschenden Resultaten, welche die überaus gründlichen Untersuchungen der Thermen von Bad Gastein durch H. Mache und M. Bamberger ergeben haben. Dadurch, daß diese Autoren die im wesentlichen deszendenten Quellen des nahen großen Tauerntunnels in ihre Untersuchung einbezogen, gewinnt das Bild der im Tunnel auftretenden deszendenten Wässer und der fast reinen aszendenten Gasteiner Thermalwässer eine sehr instructive Unterlage (Vergl. u. a. die Analysen-Gegenüberstellung bei Mache und Bamberger, 1914, S. 391). Das von Mache überzeugend gelöste Problem, daß die niedertemperierten Thermen in Gastein i. d. R. eine höhere Emanation aber einen niederen Radiumgehalt aufweisen wie die höchtemperierten Thermen, er-

¹²⁾ H. Mache und M. Bamberger: Über die Radioaktivität der Gesteine und Quellen des Tauerntunnels und über die Gasteiner Thermen. Sitzungsberichte der Wiener Akad. d. Wiss., Bd. 123., Abt. II. a. 1914, S. 325. — H. Mache: Neumessung der Radioaktivität der Gesteinsthermen. Ebenda. B. 132., 1923, S. 207. — Derselbe: Über den Radiumgehalt der Thermen von Gastein und Karlsbad. Phys. Zeitschr., 27., 1926, S. 205.

laubt eine Anwendung auf bestimmte Erscheinungen in sulfidischen Erzlagerstätten-Revieren. M a c h e weist für Gastein nach, daß die Mineralschlammabsätze (Reissacherit) in den Quellwegen (der am Rande des Thermalgebietes gelegenen niedertemperaturierten Thermenzüge reichlicher erfolgen und daß mit diesem Manganoxhydroxid Radium und Mesothorium ausfallen. Die Emanation wird aber durch die Wegelänge bestimmt, auf welcher die Therme mit diesen Absätzen vor ihrem Austritt in Berührung gekommen ist. Wir finden in diesem Nachweis eine Bestätigung der vielfachen Beobachtung, daß in größeren Erzrevieren eine analoge Gliederung in äußere und zentral gelegene Zonen mit verschiedener Lagerstättenfüllung wiederholt festgestellt werden konnte und können wir daher diese zonare Gliederung von Erzrevieren, insofern sie sich in ein und demselben Gestein vorfindet, auf Temperaturdifferenzen in den Mineralisatoren zurückführen. Die Feststellung M a c h e s bezieht sich in diesem Falle allerdings nur auf die Ausscheidung eines Minerals, auf den Reissacherit und durch diesen gefällte Stoffe, während die zonare Gliederung der Erzreviere¹³⁾ durchaus nicht auf die allgemein geringere Mineralfüllung der zentraler gelegenen Zonen der Erzreviere gegenüber den peripheren, sondern vor allem auf einer verschiedenen Mineralfüllung beruht. Wir können daher nur der Auffassung sein, daß der Gehalt an anderen Schwermetallen ebenso wie erwiesenermaßen derjenige des Salzgehaltes der Gasteiner Thermen diese Gegensätze nicht zeigt. Dann ist durch den Absatz des Reissacherits auch durchaus nicht gesagt, daß der Gehalt der Gasteiner Thermen an Mn denjenigen anderer Schwermetalle wesentlich überragt. Die Diskrepanz zwischen dem Verhältnis des im Gasteiner Thermalwasser gelösten Eisens und Mangans und dem Verhältnis dieser beiden Metalle im Mineralschlamm (Reissacherit im weiteren Sinne) bietet hierfür bereits ein Beispiel.

M a c h e konnte ferner durch seine Neumessungen im Jahre 1923 feststellen, daß sich eine Änderung des Emanationsgehaltes der Gasteiner Thermen in den letzten neun Jahren nicht nachweisen ließ, ebensowenig des Radiumgehalts, so verschieden auch beide in den einzelnen Thermen unter sich sind. Auch diese

¹³⁾ Vergl. W. M. Agar: The minerals of the intermediate Zone, Butte, Montana. Econ. Geol., 21., 1926, S. 695. — Ferner H. Quiring: Antiklinale Erzmäntel im Siegerland. Metall und Erz, B. 25, 1928.

Konstanz braucht sich damit nicht auf die gelösten Schwermetallkomponenten zu beziehen, ebensowenig wie diese die durch den Abbau des Reissacherits hinreichend erklärten Gegensätze in Emanation und Radiumgehalt der einzelnen Thermen zeigen dürften. Von Interesse ist gegenüber den Befunden an den Gasteiner Thermen die Feststellung eines nahe übereinstimmenden Radiumgehaltes der Karlsbader Thermen, während der rapide Rückgang dieses Radiumgehaltes bei den Karlsbader Thermen auf die Hälfte seit 1912, wie er sich aus früheren Messungen von Kohlhörster und den Neumessungen durch Maché ergibt, auch nach der Ansicht des letzteren noch ungeklärt erscheint.

Im Vorstehenden konnte der Wert der gegenseitigen Bezugnahme der Erzlagerstättenforschung und der modernen Thermenforschung für die Probleme beider Erscheinungen an Hand derzeit vorliegender Erfahrungen dargelegt werden. Es unterliegt keinem Zweifel, daß eine zukünftige chemische Erforschung der Thermalwässer mit dem Rüstzeug moderner analytischer oder auch mit mikrochemischer Methode eine große Anzahl neuer, für die Kenntnis der Thermen und der Vererzungsvorgänge grundlegender Tatsachen ergeben würde. Die angeregte Untersuchung der Thermen von Bad Gastein im Bereich einer der allerjüngsten ostalpinen Erzlagerstätten, dürfte am ersten eine Beziehung zu den Mineralisatoren dieser Lagerstätte ergeben.