

Dem Blei auf der Spur

Bleiisotope – Anwendungen in Lagerstättenkunde, Archäometrie und Umweltforschung

Udo Haack und Jean Lévêque

Das Institut für Geowissenschaften und Lithosphärenforschung ist das einzige in Hessen, in dem die klassische und mineralogisch-geochemische Forschung zusammen mit der Isotopengeochemie betrieben wird. Damit ergeben sich viele neue Erkenntnismöglichkeiten, denn die Isotope des Strontiums, des Neodymiums, des Bleis und vieler anderer Elemente eignen sich hervorragend zur Nachzeichnung der Entwicklungsgeschichte des Erdmantels, der Erdkruste und kleinerer Gesteinseinheiten. Eine isotopengeochemische Studie zur Genese der Erze in dem alten Bergbauegebiet des Harzes brachte viele neue Erkenntnisse über das Alter der Erze, ihre Entstehung und die Herkunft der Metalle. Durch Vergleich mit diesen Daten erwies sich, daß das Rohmaterial für die 1000 Jahre alten Bronzetüren des Hildesheimer Domes ganz entgegen der Erwartung nicht aus dem Harz stammen kann. Andererseits müssen die hohen Gehalte an Blei in den Böden um den Trinkwasserspeicher Söse-Talsperre aus der Verhüttung von Harzer Erzen stammen und sind nicht – wie eigentlich vermutet – auf den Ferntransport von Blei aus der Verbrennung von Benzin zurückzuführen.

Im vorigen Jahr wurde mit einer Ausstellung des tausendjährigen Thronjubiläums des hl. Bernward gedacht, der Erzieher Kaiser Otto III. war, und von ihm im Jahre 993 als Bischof von Hildesheim eingesetzt wurde. Bernward gründete den Hildesheimer Dom und stiftete die bronzenen Türen des Domes (Abb. 2 und 3) und die sogenannte Bernwardsäule. Diese Werke sind nicht nur Höhepunkte der mittelalterlichen Kunst sondern auch der damaligen Technik. Sie wurden in Hildesheim gegossen. Im Katalog zu der Ausstellung ist zu lesen, daß das Rohmaterial, also das Erz, vermutlich aus dem nahen Harz stammt, wo seit mehr als 1000 Jahren Bergbau belegt ist. Unsere Arbeitsgruppe wurde damit betraut, diese Vermutung durch Analysen der Bleiisotope zu belegen, da Blei neben Kupfer und Zinn stets als untergeordneter Bestandteil mittelalterlicher Bronzen auftritt. Man kann nämlich die Isotopenzusammensetzung des Bleis wie einen Fingerabdruck benutzen, der seine Herkunft verrät. Man sagt auch: Das Blei ist „Tracer“. In Hildesheim mußten wir den Enthusiasmus der niedersächsischen Heimatfreunde enttäuschen, denn wir konnten zweifelsfrei nachweisen, daß Erze aus dem Harz nicht das Rohmaterial für die Bronzen des hl. Bernward gewesen sein können. Wie aber können wir so sicher sein, daß der Harz nicht Lieferant der Erze war?

Bleiisotope

Blei enthält die Isotope Blei-204, Blei-206, Blei-207 und Blei-208 (^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb) in wechselnder Zusammensetzung, also mit wechselnden Isotopenverhältnissen $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ und $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$. Diese Isotopenverhältnisse variieren deshalb, weil in den Gestei-

nen aus dem radioaktiven Zerfall von Uran-238 (^{238}U) ständig das Isotop ^{206}Pb , aus dem Zerfall von Uran-235 (^{235}U) das Isotop ^{207}Pb und aus dem Zerfall von Thorium-232 (^{232}Th) das Isotop ^{208}Pb neu gebildet werden, während die Menge des vorhandenen ^{204}Pb konstant ist. ^{204}Pb ist das einzige Bleiisotop, das sich nicht durch radioaktiven Zerfall vermehrt. In den Gesteinen sind Uran, Thorium und Blei stets als Spurenelemente gemeinsam, aber in wechselnden Proportionen enthalten. Je nachdem, ob das Verhältnis ($^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$) hoch oder niedrig ist, wird sich im Laufe der Zeit ein höheres oder niedrigeres Verhältnis ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) einstellen. Analog ist es für die Verhältnisse ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) und ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$). Diese Verhältnisse werden um so höher sein, je länger Pb und Uran bzw. Thorium miteinander in den Gesteinen zusammen vorkommen. Eine Bleientwicklungskurve für die durchschnittliche obere Kruste mit durchschnittlichem ($^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$) Verhältnis ist in Abb. 1 dargestellt. Jeder Punkt auf der Kurve ist einem Alter zugeordnet, und die Isotopenzusammensetzung eines jeden Punktes ergibt sich aus der weiter unten angegebenen Formel. Blei, dessen Isotopenzusammensetzung in der Nähe dieser Kurve liegt, muß aus der oberen Erdkruste stammen, nicht aber aus der Unterkruste oder gar dem Erdmantel. Das trifft auch für die in Abb. 1 dargestellten Bleisorten aus dem Harz zu.

Erst wenn Uran bzw. Thorium und Blei voneinander getrennt werden, kommt die Entwicklung der Bleiisotopenverhältnisse zum Stillstand. Eine solche Trennung ist die Bildung von Blei-Lagerstätten. Man kann einen solchen Vorgang als selektive Extraktion des Spurenelementes Blei aus den Gesteinen mittels einer heißen, wäßrigen, einer sogenannten hydrothermalen Lösung und als eine Fällung als Sulfid in Form von Bleiglanz (PbS) an an-

derer Stelle beschreiben. Bleiglanz ist frei von Uran und Thorium. Folglich kann sich auch die Isotopenzusammensetzung des Bleis im Bleiglanz seit seiner Abscheidung nicht mehr verändern. Bleiglanz konserviert also die Isotopenzusammensetzung des Bleis der erzbringenden Lösung. Und deren Isotopenzusammensetzung wiederum ist das Ergebnis der Mischung der Bleisorten der von ihr ausgegangenen Gesteine. Prinzipiell ist es also möglich herauszufinden, aus welchen Gesteinsformationen das Blei geliefert wurde, wenn man weiß, wie die Isotopenzusammensetzung darin zur Zeit der Erzbildung war. In der Lagerstättenkunde ist dies von großem theoretischen und praktischen Interesse. Man muß dazu die Bleiisotopenzusammensetzungen der Erze und der in Frage kommenden Liefergesteine, deren heutige Verhältnisse ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) und ($^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$) sowie das Alter der Vererzung kennen. Dann läßt sich die Zusammensetzung des Bleis ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) in den Gesteinen zur Zeit t der Erzbildung berechnen und mit dem Blei der Erze vergleichen. Die Formel dazu lautet:

$$(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_t = (^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})_i + (^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb})(e^{\lambda t} - 1).$$

Dabei bedeutet λ die Zerfallskonstante. Analog ist die Formel für ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) und ($^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$). Meist werden für solche Untersuchungen nur die beiden vom Uran abstammenden Isotope 206 und 207 benutzt. Deshalb wird im folgenden das vom Thorium abstammende Isotop 208 nicht weiter betrachtet.

Die Bleiisotopenverhältnisse verändern sich bei der Verhüttung nicht. Sie überliefern deshalb getreulich die Isotopensignatur des Rohmaterials, verraten also dessen Ursprung. Daher ist das Blei ein sogenannter „Tracer“ der ebenso Auskunft über die Herkunft der Metalle in einem Kunstgegenstand wie in einer Substanz, die eine Umweltverschmutzung darstellt, geben kann. Nur wenn Erze verschiedener Provenienz bei der Verarbeitung gemischt werden, ist die Herkunft nicht mehr eindeutig zu bestimmen.

Analytik

Isotopenverhältnisse werden im Massenspektrometer gemessen. Dabei wird das Blei oder Uran von einem glühenden Bändchen aus Rhenium, Tantal oder Wolfram verdampft. Einige dieser verdampften Atome sind ionisiert.

Diese werden durch eine Hochspannung im sogenannten Trennrohr, das evakuiert ist, beschleunigt. Sie durchlaufen ein Magnetfeld und werden dabei je nach ihrem Verhältnis Ladung : Masse in verschiedene Auffänger abgelenkt. Die Verhältnisse der Meßsignale aus diesen Auffängern sind gleich den Isotopenverhältnissen. Die Elemente müssen vor ihrer Messung chemisch von ihrer Matrix getrennt werden. Dabei sind die eingesetzten Metallmengen sehr gering. Sie liegen meist zwischen 10 und 100 ng, können aber noch geringer sein (1 ng=0,000000001 g).

Weil diese Mengen so gering sind, ist die Gefahr der Verunreinigung durch Staub oder durch Beimengungen in den Chemikalien oder aus den Gefäßen, den sogenannten Blindwerten, so groß, daß zur Aufbereitung der Proben ein spezielles Reinraumlaboratorium eingesetzt wird. Es dient dazu, diese Blindwerte ausreichend niedrig zu halten. Angestrebt wird, die Blindwerte kleiner als 1‰ der zur Messung gebrachten Menge zu halten. Das Reinraumlabor wird mit gefilterter Luft versorgt, die Arbeiter tragen spezielle fusselfreie Kleidung, der Wandanstrich enthält kein Blei, selbst ultrareine Reagentien müssen noch gereinigt werden. Jeder Arbeitsplatz ist in einer speziellen Box eingerichtet, die ihn von den anderen Arbeitsplätzen abschirmt. So wird Querkontamination vermieden. Etwa 70% des Aufwandes entfällt auf die Aufrechterhaltung ausreichend niedriger Blindwerte. Nur 30% wird für die Manipulation mit den Proben benötigt.

Lagerstätten des Harzes

a) Geologie

Der Harz baut sich auf aus mehreren 1000 m mächtigen Serien von Sediment- und Vulkangesteinen des Devons und Karbons, die vor 390 bis 290 Mio. Jahren abgelagert wurden. In seiner Mitte erhebt sich das bekannte Massiv des Brockens, das uns anzeigt, daß nach dem Ende der varistischen Faltung, nämlich vor rund 290 Mio. Jahren, ein granitisches Magma sehr hoch in die Kruste eindrang. Ein kleineres, ähnliches Granitmassiv bildet etwas weiter östlich der Ramberg. In der Umgebung dieser Granite finden sich in den Sedimentgesteinen zahllose, hydrothermale Gänge. Das sind steilstehende, ehemalige Spalten, die mit Quarz, Kalkspat und Erzen gefüllt sind, welche von etwa 200 °C heißen Salzlösungen, sogenannten Hydrothermen abgesetzt wurden. Einige dieser Gänge waren so reich vererzt, daß sich ihr Abbau lohnte. Die klassische Theorie stellt eine Verbindung zwischen der Bildung dieser Gänge und dem Eindringen des Brocken-Granits in die Sedimente des Devons und Karbons her. Nach dieser Vorstellung soll es sich bei den erzbringenden hydrothermalen Lösungen entweder um solche handeln, die

bei der Erstarrung des Magmas freigesetzt wurden oder aber um Lösungen, die aus Poren und Klüften in der Umgebung des Magmakörpers stammen, vom Magma erwärmt und zur Zirkulation angeregt wurden. In beiden Fällen müßten die Gänge so alt wie der Granit, nämlich rund 290 Mio. Jahre sein.

Ähnliche Vorstellungen verbinden sich mit dem anderen klassischen deutschen Bergbaugebiet, dem Erzgebirge. Verallgemeinert ergab sich daraus die Lehre, daß dort, wo Erzgänge auftreten, auch ein entweder zu Tage liegender oder im Untergrund verborgener granitischer Magmenkörper vorhanden sein müsse. In der Tat gibt es weltweit zahlreiche Vorkommen, in denen der Zusammenhang zwischen hydrothermalen Gängen und Graniten eindeutig ist. Im Harz ist das allerdings nicht der Fall. In unserer Arbeitsgruppe konnten wir nämlich die Gangvererzung des Harzes an einer Stelle datieren. Es handelt sich um die noch bis vor zwei Jahren abgebaute Ganglagerstätte Bad Grund. Danach entstanden die Ganglagerstätten vor 170 bis 180 Mio. Jahren im Jura, also 110 bis 120 Mio. Jahre nach dem Eindringen des Granits. Sie stehen also in keinem genetischen Zusammenhang mit dem Granit. Dies ist ein Beispiel dafür, daß hydrothermale Erzlösungen auch unabhängig von granitischen Magmen auftreten können.

Die bedeutendste Lagerstätte im Harz gehört indessen nicht zu einem der zahllosen Gänge, sondern sie ist eine sogenannte stratiforme Lagerstätte. Es handelt sich um den Raumelsberg bei Goslar, der mehr als 1000 Jahre lang abgebaut wurde. Diese Lagerstätte entstand vor rund 380 Mio. Jahren am Grunde des Devonmeeres. Ein modernes Analogon dazu sind Teilbecken des Roten Meeres, an deren Boden heiße, mit Metallen beladene Salzlösungen austreten und ihren Metallinhalt ausfällen. So entstehen Erzschlämme mit abbauwürdigen Konzentrationen an Buntmetallen.

Die dritte Art der Vererzung kommt nicht eigentlich im Harz sondern an dessen Rändern im Kupferschiefer und in kleinen Gängchen im Karst des Zechstein-Dolomites vor. Diese Vererzungen sind allerdings ganz unbedeutend.

b) Bleiisotope

In Abb. 1 sind die Ergebnisse dargestellt. Alle Vorkommen liegen in der Nähe der Entwicklungskurve für das durchschnittliche Blei der oberen Kruste. Das Blei kann also nur aus der oberen Kruste, nicht aus der unteren Kruste oder gar aus dem Erdmantel stammen. Es erwies sich, daß die Bleiisotopenverhältnisse des Rammelsberges (Feld R) recht wenig variieren. Sie unterscheiden sich deutlich von denen der hydrothermalen Gänge (Feld H). Überraschend war, daß die Isotopenverhältnisse aus den verschiedenen Erzgängen in sich praktisch keine Unterschiede zeigen. Bei Abb.

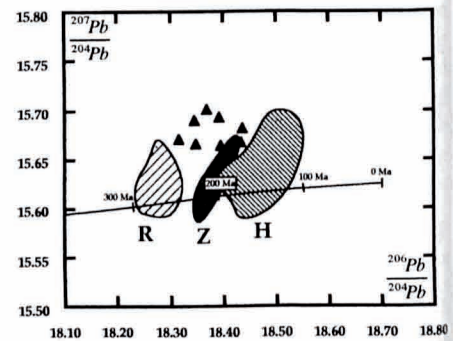


Abb. 1: Die Felder für die Isotopenzusammensetzungen des Bleis aus dem Rammelsberg (R), aus dem Kupferschiefer und Zechstein (Z) und aus den hydrothermalen Gängen (H) liegen entlang der Bleientwicklungskurve nach Stacey und Kramers für die durchschnittliche obere Kontinentkruste. Die Isotopenzusammensetzung von vor 300, 200, 100 und 0 (Gegenwart) Mio. Jahren sind durch Querstriche hervorgehoben (Mio. Jahre = Ma). Die Erze enthalten typisches Blei dieser oberen Kruste. Am plausibelsten ist die Vorstellung, daß es zu unterschiedlichen Zeiten aus den paläozoischen Sedimenten, in denen die Gänge auftraten, mobilisiert und in den Erzen fixiert wurde. Als schwarze Dreiecke sind die Ergebnisse für die Bronzen des hl. Bernward eingetragen. Es ist ganz offensichtlich, daß deren Blei nicht aus dem Harz stammen kann.

Ist zu beachten, daß die Skalen sehr stark gespreizt sind und daß der größte Teil der dargestellten Variation in den einzelnen Feldern der Unsicherheit der Messung zuzuschreiben ist. Obwohl also große und kleine Gänge von ganz verschiedenen Orten in ganz verschiedenen Nebengesteinen, in verschiedener Tiefe, mit unterschiedlichen Begleitmineralien untersucht wurden, zeigen alle insgesamt 95 Proben, nahezu die gleichen Bleiisotopenverhältnisse. Das ist am besten so zu erklären, daß ein einziges, riesiges Hydrothermalsystem zu gleichen Zeit aus ähnlichen Gesteinen Blei extrahierte, homogenisierte, transportierte und in den Gängen als Sulfid ausfällte. Einzelne Ausnahmen von dieser Regel haben ihre spezielle Bedeutung, können hier aber nicht diskutiert werden.

Die Gangvererzungen entstanden vor rund 170 bis 180 Mio. Jahren im unteren Jura zu einer Zeit, als ganz Mitteleuropa Krustendehnung erfuhr und sich auch an vielen anderen Stellen hydrothermale Erze bildeten. Es war die Periode, die der Entstehung des atlantischen Ozeans unmittelbar vorausging. Damals wurde durch Dehnung Raum für die Gänge geschaffen und das thermische Gleichgewicht in der Erdkruste Mitteleuropas gestört.

Das Feld Z der kleinen Vererzungen aus dem Kupferschiefer und dem Zechstein am Rand

des Harzes unterscheidet sich von den beiden anderen Feldern in Abb. 1. Das zeigt an, daß die Vererzungen in diesen Gesteinen anderen Quellen entstammen müssen als die Gänge und daß sie auch nicht zu deren Hydrothermal-system gehören können.

Aus welchen Gesteinen aber stammt das Blei der Erztypen R, Z, H? Zur Klärung dieser Frage wurden potentielle Liefergesteine auf ihre Bleiisotopenzusammensetzung und ihr ($^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$)-Verhältnis untersucht. Mit Hilfe der oben angegebenen Formel wurde berechnet, wie die Isotopenzusammensetzung in diesen Gesteinen vor 380 Mio. (Typ R, Rammelsberg), vor 240 Mio. (Typ Z, Zechstein) und vor 180 Mio. Jahren (Typ H, hydrothermale Gänge) war. Die beste Übereinstimmung mit dem Blei der Erze ergab sich für paläozoische Sedimentgesteine, nicht jedoch für Trias und insbesondere nicht für den Granit des Brocken-Massivs. Letzteres ist ein weiterer Hinweis, daß dieses Massiv mit der Bildung der Ganglagerstätten nichts zu tun hat.

In die gleiche Richtung weisen analoge Untersuchungen der Sr-Isotope hydrothermalen Kalkspätes aus den Gängen. Die plausibelste Deutung dieser Befunde ist, daß hydrothermale Lösungen aus dem mächtigen Stapel der paläozoischen Sedimente die Metalle zu unterschiedlichen aber ganz bestimmten Zeiten mobilisierten und dabei homogenisierten. Die Metalle wurden also innerhalb der Formationen, in denen die Gänge vorkommen, umgelagert. Früher nannte man diesen – damals nicht beweisbaren – Vorgang Lateralsekretion. Heute nennt man das „Intraformationale Lagerstättenbildung“. So hieß auch das Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft das die hier geschilderten Untersuchungen finanzierte.

Die Bronzen des hl. Bernward

Nachdem die Bleiisotopenzusammensetzungen der Harzer Erze bekannt waren, konnten wir die Hypothese überprüfen, daß ein Teil des Erzes für die Hildesheimer Bronzen aus dem Harz stammt. Bronzen sind eine Legierung aus Kupfer und Zinn mit Beimengungen anderer Metalle, darunter Blei. Zinn kommt im Harz nicht vor, es muß entweder aus Spanien, aus Cornwall oder aus dem Erzgebirge stammen. Zinn kommt als Zinnstein (SnO_2) vor und enthält keine Beimengungen von Blei. Andererseits kommt der andere Hauptbestandteil der Bronzen, das Kupfer, in Form verschiedener Sulfide fast immer zusammen mit Bleimineralen vor. Das Blei in den Bronzen (ca. 1%) zeigt also die Provenienz des Kupfers an. Eine weitere Möglichkeit, wie die spezielle Mischung der Metalle und Isotope in den Bronzen entstanden sein könnte, liegt daran, daß ältere Gegenstände wieder eingeschmolzen wurden. Da Metalle im Mittelalter vergleichs-

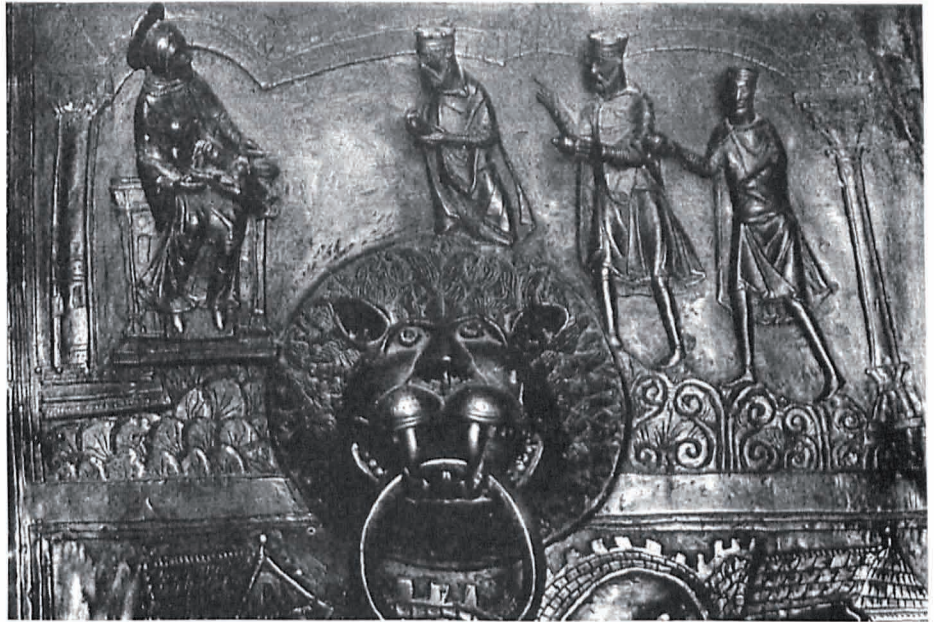


Abb. 2: Die Bernwardstür im Hildesheimer Dom, Anbetung der Hl. Drei Könige.

weise sehr viel kostbarer waren als heute, liegt diese Möglichkeit nahe. Insbesondere Gegenstände aus heidnischer Zeit, also aus der Antike, dürften bei diesem „Recycling“ verwendet worden sein. Wenn dieser Bronze-Schrott unterschiedlichen Ursprungs ist, kann natürlich die Herkunft der Metalle nicht mehr festgestellt werden.

Die Ergebnisse für die Bronzen sind in Abb. 1 mit denen für die Harzer Erze verglichen. Es ist ganz offensichtlich, daß weder der nahe Rammelsberg noch die Harzer Gänge als Lieferanten des Bleis und damit – implizit – des Kupfers in Frage kommen. Auch eine Mischung von beiden ist auszuschließen, da dazu die ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)-Verhältnisse zu hoch sind.

Ebenfalls auszuschließen sind die Kupfer-Zinn-Vorkommen in Südspanien, weil diese viel niedrigere ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)-Verhältnisse haben. Eine Zuordnung zu bestimmten Vorkommen ist bisher noch nicht gelungen. Vermutlich wird sie auch nicht gelingen, da es nicht unwahrscheinlich ist, daß hier ältere Bronzen eingeschmolzen wurden. Dafür spricht, daß in ihnen die Variation der ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)-Verhältnisse viel größer ist als die Variation in allen Harzer Ganglagerstätten insgesamt. Es wurde also kein einheitliches Material verwendet, und es wurde auch nicht durch den Schmelzprozeß homogenisiert. Auch die Gehalte an Spurenelementen variieren stark, wie von Prof. Brockner an der Technischen Universität Clausthal-Zellerfeld festgestellt wurde.



Abb. 3: Die Bernwardstür im Hildesheimer Dom, Christus vor Pilatus

Umweltforschung

Ein Problem, das sich auch im Harz stellte und das nur durch die Kenntnis der Bleiisotope der dortigen Erze gelöst werden konnte, war folgendes: Das Einzugsgebiet der Söse-Talsperre, die das Trinkwasser für Bremen, Göttingen und 100 andere kleine Orte liefert, ist stark mit Blei kontaminiert, obwohl dort keine Erzgänge zu Tage treten und verwittern. Es muß sich also um eine anthropogene Kontamination handeln. Im Auflagehumus finden sich bis zu 1000 ppm (aso 0,1%) Blei in der Trockenmasse. Diese Konzentration fällt dann mit der Tiefe rasch ab und pendelt sich bei dem natürlichen Wert von 20 ppm ein. Der Verdacht war, daß das Blei im Auflagehumus aus dem Bleitetraäthyl des Benzins stammt. Das für die Benzinadditive verwendete Blei kommt meist aus Australien und hat Isotopenzusammensetzungen, die sich von denjenigen einheimischer Provenienz stark unterscheiden. Es wurde also erwartet, in der bleireichen obersten Schicht australisches Blei oder zumindest eine Komponente davon zu finden. Zwei Bodenprofile wurden deshalb bearbeitet, die vorher von Hartmut Heinrichs vom Geochemischen Institut der Universität Göttingen genommen und geochemisch untersucht worden waren.

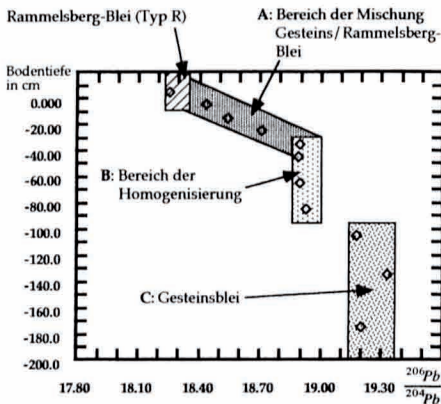


Abb. 4: Das Blei im Auflagehumus (Gehalte bis zu 0,1%) stammt aus dem Rammelsberg. Es wurde vermutlich durch Hüttenrauch eingetragen. Unter dem Humus folgt ein Horizont (A), in dem sich Blei aus dem Rammelsberg und aus dem Gestein mischen. Dieser wiederum wird unterlagert von einer Schicht (B), in der das Blei durch auf- und absteigendes Wasser homogenisiert wurde. Erst unterhalb 90 cm findet sich das originale Gesteinsblei (C).

Die Bleiisotopenverhältnisse in Abhängigkeit von der Tiefe sind in Abb. 4 dargestellt. Der Vergleich zwischen Harzer Bleierzen und solchen aus Australien, zeigt Abb. 5. Es ergab sich, daß das Blei im Auflagehumus keineswegs aus Australien stammt sondern aus Harzer Erzen. Die Erklärung dafür dürfte sein, daß

bis vor 20 Jahren noch eine Blei-Zink-Hütte im 20 km entfernten Clausthal-Zellerfeld betrieben wurde, die Harzer Erze verwendete. Das Blei muß mit dem Hüttenrauch in den Hu-

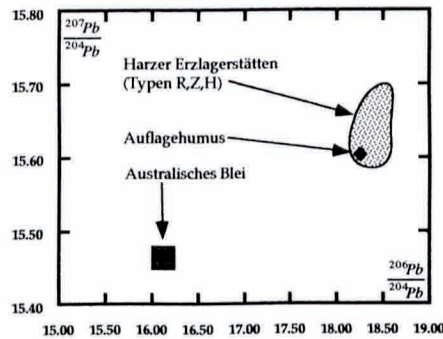


Abb. 5: Vergleich von Harzer Blei (alle Typen in einem Feld zusammengefaßt) mit dem Blei der riesigen australischen Lagerstätten Broken Hill, Mount Isa und Mac Arthur River, wie es für Benzin-Additive typisch ist. Eingezeichnet ist auch das Blei aus dem Auflagehumus im Einzugsgebiet der Söse-Talsperre. In ihm ist keine Komponente australischen Bleis nachzuweisen. Dagegen ist die Herkunft dieses Bleis aus Harzer Erzen und sein Transport über den Hüttenrauch sehr plausibel.

mus gelangt sein. Wenn eine australische Bleikomponente aus dem Benzin-Blei vorhanden ist, dann ist ihr Anteil so gering, daß er nicht mehr nachweisbar ist. Die Isotopenzusammensetzung des Bleis, das als Spurenelement natürlicherweise vorhanden ist, wird durch den Abschnitt C des Profils repräsentiert. Der Abschnitt A stellt einen Bereich der Mischung zwischen Hütten- und Gesteinsblei dar, der Abschnitt B repräsentiert eine Zone der Homogenisierung. Diese kommt wahrscheinlich dadurch zustande, daß einerseits Wasser versickert, andererseits aber in Trockenperioden auch nach oben steigt. Dabei wird Blei hin- und hertransportiert, so daß eine Homogenisierung bewirkt wird.

Zusammenfassung

Mit Hilfe der Bleiisotope konnte geklärt werden, daß das Blei in den Harzer Erzen aus der oberen Kruste, speziell aus den paläozoischen Sedimenten, nicht aber aus dem Granit stammt. Diese Information ist ein wichtiger Baustein für ein zutreffendes Modell der Genese dieses bedeutenden Lagerstättenbezirkes. Die Kenntnis der Bleiisotope der Harzer Erze ermöglichte auch den Nachweis, daß das Metall der Bronzen des hl. Bernward in Hildesheim nicht aus dem Harz stammen kann. Vermutlich wurden ältere Werkstücke wiederverwendet, da die Variation der Bleiisotopenverhältnisse deutlich größer ist, als unter allen Harzer Ganglagerstätten insgesamt. Die Isoto-

penanalyse von Blei aus stark belasteten Böden im Einzugsbereich des Trinkwasserspeichers Söse-Talsperre ergab, daß nicht etwa Blei aus dem Benzinadditiv Bleitetraäthyl Hauptbestandteil der Kontamination ist, sondern Blei aus Harzer Erzen. Die Kontamination ist auf den Hüttenrauch der früher in dem 20 km entfernten Clausthal-Zellerfeld betriebenen Blei-Zink-Hütte zurückzuführen. Dieses Blei vermischte sich mit dem Blei aus den verwitternden Gesteinen. Erst ab 90 cm Tiefe ist keine Kontamination mehr festzustellen.

Zum Autor:



Prof. Dr. Udo Haack, Jahrgang 1940, studierte Mineralogie und Geologie in München, Innsbruck und Göttingen. Er promovierte 1968 mit einem geochemischen Thema und habilitierte sich 1975 mit einer geochronologischen Arbeit. Von 1969 bis 1970 war er Assistant Professor und Co-Investigator der ersten Mondproben am Laboratory for Space Physics der Washington University in St. Louis, Mo. in U.S.A., danach wissenschaftlicher Assistent, später Professor am Geochemischen Institut der Universität Göttingen. In dieser Zeit arbeitete er im Sonderforschungsbereich „Erdkruste“ mit und befaßte sich mit der Geochemie, der Isotopengeochemie und Geochronologie der magmatischen und metamorphen Gesteine des Damara-Orogens in Namibia. Seit 1987 ist er Professor am Institut für Geowissenschaften und Lithosphärenforschung der Universität Gießen. Seine derzeitigen Forschungsschwerpunkte sind die Isotopengeochemie und Datierung von Gesteinen, insbesondere von Hydrothermalsystemen, darunter auch Lagerstätten.

Spiegel der Forschung

Wissenschaftsmagazin der Universität Gießen

Herausgeber:

Der Präsident der Justus-Liebig-Universität Gießen

Redaktion:

Christel Lauterbach, Pressereferentin, Ludwigstr. 23
35359 Gießen, Tel.: 06 41/7 02 20 35,
Telex: 48 28 56, Telefax: (06 41) 7 02 20 39

Anzeigenverwaltung:

Anzeigenagentur Alpha, Bürstädter Straße 48,
68623 Lampertheim 1, Tel.: (06 206) 5 70 21,
Telex: 4 65 74

Druck:

„brühl druck + pressehaus giessen“,
Am Urnenfeld 12, 35396 Gießen-Wieseck

Auflage:

10000 Expl.
gedruckt auf elementar chlorfreiem Papier