

EXKURS: Isotopenanalyse

Ernst Pernicka

Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie

Ein Element ist als eine Substanz definiert, die aus Atomen mit gleicher Protonen- und Elektronenzahl aufgebaut ist. Diese bestimmen ihre chemischen Eigenschaften. Viele Elemente bestehen dennoch aus unterschiedlichen Atomsorten, Isotope genannt, die zwar gleiche chemische Eigenschaften haben aber unterschiedliche Massen. Die Häufigkeit der Elemente und ihrer Isotope wird durch Prozesse in verschiedenen Stadien der Entwicklung von Sternen bestimmt. Deshalb ist die Isotopenzusammensetzung aller Elemente auf der Erde in erster Näherung überall gleich und unveränderbar. Ausnahmen gibt es aber durch den radioaktiven Zerfall einiger Isotope.

Für die Archäometallurgie hat sich besonders die Isotopenanalyse des Bleis für die Herkunftsbestimmung von Metallen bewährt. Ausschlaggebend dafür ist der radioaktive Zerfall von Uran und Thorium zu Blei. Dadurch werden drei der vier stabilen Bleiisotope ständig neu gebildet (Abb. 1). Dieses Blei vermischt sich mit dem bereits vorhandenen, so dass sich die mittlere Isotopenzusammensetzung des Bleis seit der Bildung der Erde signifikant geändert hat und sich weiter laufend verändert. Bei der Bildung einer Bleilagerstätte wird das Blei durch natürliche Prozesse von Uran und Thorium getrennt und es findet praktisch keine Änderung der Isotopenverhältnisse des Bleis mehr statt. Es hängt nun vom geologischen Alter und von der Zusammensetzung des Muttergesteins der Erzbildung ab, welche Bleiisotopenverhältnisse auf diese Weise fixiert werden. Jedenfalls sind sie meist in verschiedenen Lagerstätten unterschiedlich, was für die Archäometallurgie genutzt werden kann. Im Prinzip gilt dies auch für Kupferlagerstätten, wenn im Zuge der Lagerstättenbildung neben Kupfer auch eine gewisse Menge Blei im Erz abgeschieden wurde, was meistens der Fall ist.

Da die Bleiisotopenverhältnisse durch chemische Reaktionen nicht verändert werden können, sind

diese auch unverändert in den daraus erzeugten Fertigprodukten zu finden, unabhängig von den Komplikationen, die die Zuordnung von Metallobjekten zu Lagerstätten aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung so schwierig machen, wie Aufbereitung, Verhüttung, Raffination und gegebenenfalls Korrosion. Deshalb können die Bleiisotopenverhältnisse als eine Art Fingerabdruck einer Lagerstätte angesehen werden, der – anders als die chemische Zusammensetzung – auf dem Weg von der Lagerstätte zum Fertigprodukt nicht verändert wird.

Leider ist dieser Fingerabdruck nicht so einzigartig wie beim Menschen und es gibt durchaus verschiedene Lagerstätten mit ähnlichen Bleiisotopenverhältnissen. Dennoch ist besonders die negative Aussage sehr sicher: Bei Nichtübereinstimmung zwischen vermuteter Herkunftslagerstätte und einem archäologischen Objekt kann die Herkunftsvermutung ausgeschlossen werden. Die Methode funktioniert auch für andere Metalle, wie Silber und Kupfer, weil die Messmethode mit einem Massenspektrometer sehr empfindlich ist. Es genügen sehr geringe Spuren von Blei, z.B. in Kupfer, Silber oder Zinn, um die Messung durchführen zu können. Voraussetzung ist allerdings, dass das Blei als Begleitelement zusammen mit dem Hauptmetall aus derselben Lagerstätte stammt. Falls Blei einer Legierung zugesetzt wurde, können natürlich nur Aussagen über die Herkunft des zugesetzten Bleis gemacht werden. Eine weitere Voraussetzung ist die Annahme, dass keine Vermischung von Metallen verschiedener Herkunft stattfand, wie etwa bei der Verwendung von Altmetall. Für die frühen Metallzeiten trifft diese Annahme in aller Regel zu.

Literaturnachweis

E. Pernicka/J. Lutz, Exkurs: Isotopenanalyse. In: Th Stöllner/P. Thomas (Hrsg.), BergaufBergab – 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen. Begleitbuch zur Ausstellung (Bochum 2015) 55.

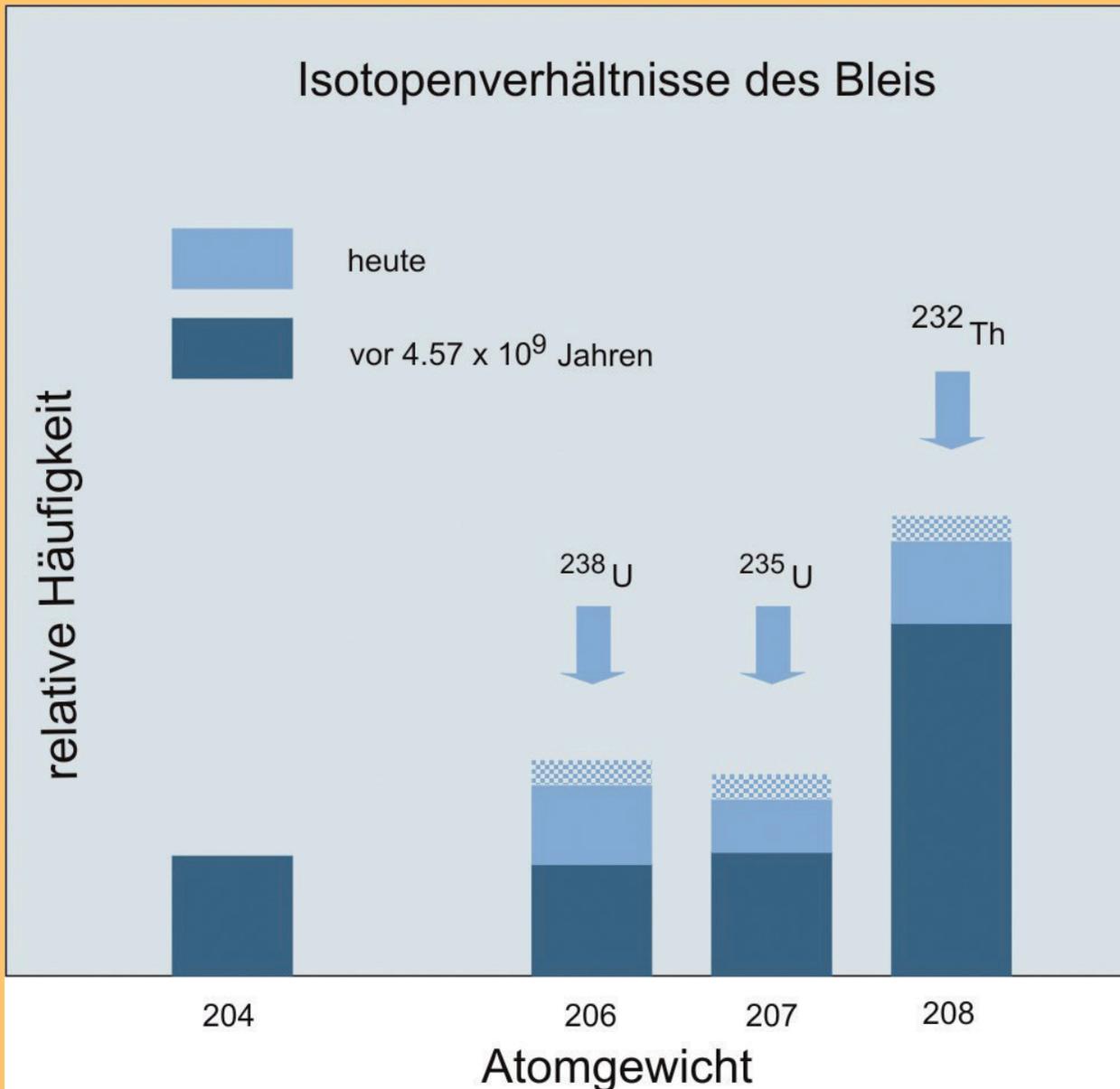


Abb. 1: Veränderung der Bleisotopenverhältnisse in geologischen Zeiträumen. Die dunklen Anteile der einzelnen Isotope waren bei der Bildung der Erde bereits vorhanden. Die helleren Anteile sind durch den radioaktiven Zerfall von Uran und Thorium entstanden. Je nach geologischem Alter der Erzbildung und der Zusammensetzung des Muttergesteins gibt es einen Variationsbereich (punktiert), in dem sich einzelne Lagerstätten unterscheiden lassen.
Grafik: Pernicka, 2017