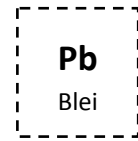


Stabile Blei-Isotope



Blei in der Umwelt

Blei, von lateinisch Plumbum, ist ein für den Menschen nicht essentielles Schwermetall. Es wirkt toxisch, wenn es in gelöster Form geschluckt oder als Staub eingeatmet wird. Von der internationalen Agentur für Krebsforschung IARC wurde Blei als möglicherweise/wahrscheinlich krebserregend eingestuft. Besonders bei Kindern schädigt Blei das Nervensystem, bei Erwachsenen wirkt es vor allem schädlich auf die Sauerstoffversorgung der Zellen.

Blei gelangt durch Stäube aus Bergbau und der Verhüttungsindustrie, sowie durch die Verbrennung von Kohle in die Umwelt. Obwohl bleihaltiges Benzin (Anti-Klopfmittel) inzwischen verboten wurde, ist der Straßenverkehr durch Emission aus dem Abrieb von Reifen und Bremsen in Deutschland noch immer eine Hauptquelle von Blei in der Luft. Durch Deposition auf den Böden und spätere Auswaschung aus den Böden in die Flüsse, Seen und ins Grundwasser wird das Blei in der Umwelt weiterverbreitet. Aber auch durch den Gebrauch von Blei z.B. in Batterien oder Munition gelangt Blei in die Umwelt.

Blei-Isotope

Die vier wichtigsten in der Umwelt vorkommenden Blei-Isotope sind ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb und ^{208}Pb . Sie sind stabil, also nicht radioaktiv und zerfallen nicht weiter. ^{204}Pb ist ein sogenanntes primordiales Nuklid. Primordial bedeutet, dass das Isotop schon bei der Entstehung der Erde vorhanden war.

Die drei Isotope ^{206}Pb , ^{207}Pb und ^{208}Pb sind hingegen Endprodukte der Zerfallsreihen der radioaktiven Isotope $^{238}\text{Uran}$, $^{235}\text{Uran}$ und $^{232}\text{Thorium}$. Die Häufigkeit dieser drei Blei-Isotope ist abhängig von der ursprünglichen Konzentration von Blei, Uran und Thorium sowie den Halbwertszeiten der Mutter-Isotope.

Stabile Isotope werden als Verhältnis von zwei Isotopen eines Elements gemessen. Im Fall von Blei sind das z.B. $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ oder $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Da die Halbwertszeiten der Mutter-Isotope sich unterscheiden, variieren die Blei-Isotopenverhältnisse der verschiedenen Blei-Lagerstätten der Erde. Dies ist davon abhängig in welcher geologischen Zeit die Mutter-Isotope in die Lagerstätten gelangt sind und wie hoch der jeweilige Gehalt der die Mutter-Isotope in den Lagerstätten ehemals war. Im Gegensatz zu anderen stabilen Isotopenverhältnissen wie ^{18}O oder ^2H , zeigen Blei-Isotopenverhältnisse keine signifikante Fraktionierung. Von den natürlichen Verhältnissen abweichende Werte entstehen durch Mischung aus verschiedenen Blei-Quellen.

Die Blei-Isotopenverhältnisse werden meist durch Massenspektrometrie mit thermaler Ionisation (TIMS) oder mit induktiv gekoppelten Plasma z.B. mit Quadropol (ICP-QMS) gemessen.

Neben den stabilen Bleiisotopen gibt es noch diverse, überwiegend kurzlebige radioaktive Blei-Isotope wie ^{210}Pb , die mittels Alpha-Spektrometrie bzw. Liquid Scintillation Counting (LSC) bestimmt werden können.

Anwendungen der Messung stabiler Blei-Isotope

Die Untersuchung stabiler Blei-Isotope kann hilfreich sein, um die Herkunft von Blei zu bestimmen, z.B. ob das gefundene Blei regional und geogen entstanden ist oder anthropogen eingetragen wurde. Eine reine Messung der Konzentration reicht zur Herkunftsbestimmung nicht aus.

Diese Herkunftsbestimmung von Blei ist möglich, da, wie oben erwähnt, jede Erzlagerstätte eigene Wertebereiche der Isotopenverhältnisse besitzt. Blei in verarbeiteten Materialien z.B. in Benzin, in Farben oder in Munition weicht von den natürlichen Signaturen der lokalen Vorkommen ab, da ver-

arbeitetes Blei weit transportiert wurde oder bei der Verarbeitung Blei aus mehreren Lagerstätten gemischt wurde. Anthropogen beeinflusstes Blei kann daher vom lokal, geogen vorhandenen abgegrenzt werden. Trägt man die Isotopenverhältnisse gegeneinander auf, werden die Unterschiede sichtbar. Dies ist für einige Beispiele in Abbildung 1 dargestellt.

Für die Untersuchungen zur Herkunftsbestimmung werden Proben aus sogenannten Geo- oder Klimaarchiven wie See-Sedimenten, Mooren, Baumringen oder ungestörtem Boden genutzt, deren Schichten datierbar sind. In der Forensik werden ebenfalls Blei-Isotope verwendet. Blei wird im Laufe des Lebens in Knochen und Zähne eingebaut und daher kann ermittelt werden, wo ein Mensch zu einem bestimmten Zeitraum gelebt haben kann.

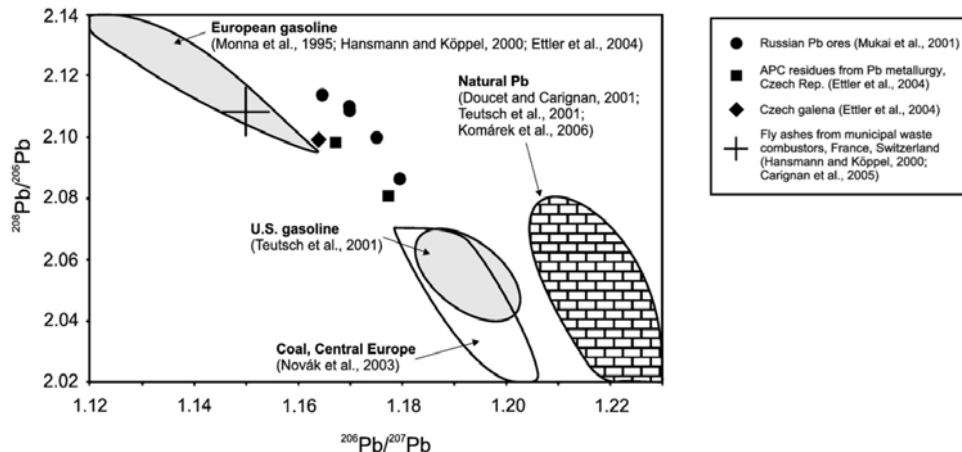


Abbildung 1: Isotopenverhältnisse einiger Quellen von Blei (Komarek et al., 2007).

Fallbeispiele: Woher stammt das Blei?

Eine Forschergruppe aus Nordeuropa hat Blei-Isotope an Sedimenten aus Westgrönland untersucht (Bindler et al., 2001). Dabei wurde festgestellt, dass, obwohl diese Region näher an Nordamerika liegt, die Isotopenverhältnisse die Signatur von eurasischem Blei aufweisen. Russische Emissionen sind verantwortlich für den Großteil der Verschmutzung im hohen Norden, wohingegen im Südwesten Grönlands Westeuropa die Hauptquelle der dorthin gelangten Emissionen ist.

Auch am Bodensee wurden Analysen zur Blei-Isotopie durchgeführt (Kober et al., 1999). Dabei konnte das natürliche, geogene Blei vom anthropogenen Blei durch unterschiedliche $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ und $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Verhältnisse abgegrenzt werden, und so der Eintrag durch anthropogenes Blei untersucht werden. Die Ergebnisse der Forscher aus Heidelberg und Konstanz sind in Abbildung 2 dargestellt.

Das ansteigende $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnis ab Mitte des 19. Jahrhunderts spiegelt, laut Kober et al. (1999), einen zunehmenden Eintrag an anthropogenem Blei mit der Industrialisierung wieder. Hauptquellen waren atmosphärische Depositionen aus den Emissionen der Kohleverbrennung, der Eisenerzverarbeitung und der Verwendung von bleihaltigem Benzin, mit maximalen Werten in den 1970er und 1980er Jahren. Ab dem Peak um 1980 mit der stärksten Deposition, zeigen die $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnisse eine gleichmäßig zunehmende Abnahme, die durch ein Extremevent 1987 unterbrochen wurde. Die Abnahme ist durch das Verbot von bleihaltigem Benzin und Umweltschutzmaßnahmen zu erklären. Das niedrige $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnis im Jahr 1987 ist auf ein Hochwasserereignis in diesem Jahr zurückzuführen. Durch das Hochwasser wurde das anthropogene Blei durch geogen eingetragenes Blei verdünnt.

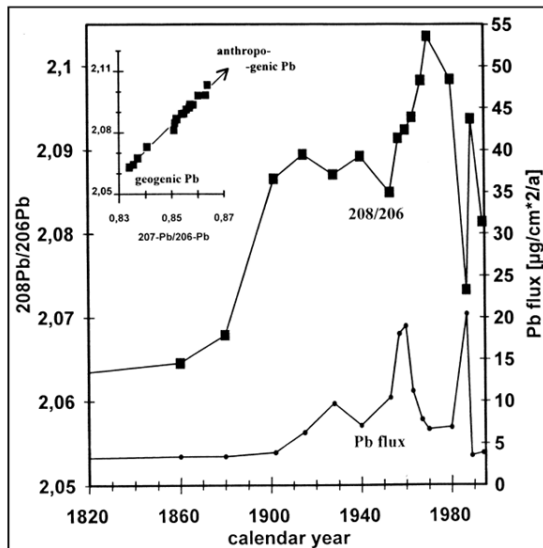


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf des $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Isotopenverhältnisses gemessen in Sedimentkernen des Bodensees (Kober et al., 1999).

Anwendungen in der Hydrogeologie

Werden im Grundwasser erhöhte Blei-Konzentrationen festgestellt, so kann eine Untersuchung der Blei-Isotopen nötig sein. Mit dieser Untersuchung kann geklärt werden, ob das Blei geogenen Ursprungs ist oder der Bleigehalt von einer anthropogenen Quelle beeinflusst wird. Eine anthropogene Quelle im Grundwasser kann zum Beispiel Munition oder bleihaltiger Kraftstoff sein.

Literatur

Bindler, R., Renberg, I., Anderson, N. J., Appleby, P. G., Emteryd, O., & Boyle, J. (2001). Pb isotope ratios of lake sediments in West Greenland: inferences on pollution sources. *Atmospheric Environment*, 35(27), 4675-4685.

Komárek, M., Ettler, V., Chrástný, V., & Mihaljevič, M. (2008). Lead isotopes in environmental sciences: a review. *Environment international*, 34(4), 562-577.

Kober, B., Wessels, M., Bollhöfer, A., & Mangini, A. (1999). Pb isotopes in sediments of Lake Constance, Central Europe constrain the heavy metal pathways and the pollution history of the catchment, the lake and the regional atmosphere. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63(9), 1293-1303.