

Kosmochemische Fingerabdrücke im Erdmantel: Ein Beitrag zur Herkunft der chemischen Elemente Os, Ir, Ru, Pt, Rh, und Pd

Gerhard Schmidt^{1,2} und Karl-Ludwig Kratz^{1,2}

¹Institut für Kernchemie, Universität Mainz

²Helmholtz Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF)
Virtuelles Institut für Struktur der Kerne und Nukleare Astrophysik

Unser Sonnensystem ist aus einer präsolaren Gas- und Staubwolke entstanden, die unter der eigenen Gravitation, bzw. dem Einfluß von Schockwellen einer nahen Supernova, kollabierte. Bei der Abkühlung des solaren Gasnebels bildeten sich Körner durch Kondensation, die sich zusammenballten und durch gegenseitige Akkretion größere Körper, die Planeten, Monde, Asteroide und Meteorite bildeten. Die Erde erhitze sich soweit, dass die Silikate aufschmolzen und so ein differenzierter Körper entstand. Bestimmte Gruppen von Meteoriten stellen primitive Solarmaterie dar aus denen sich Informationen über frühe Prozesse in der Entwicklung des Sonnensystems gewinnen lassen. Die meisten der undifferenzierten Meteorite werden als Chondrite bezeichnet. Sie setzen sich aus Metallphasen, Silikaten und Sulfiden zusammen und enthalten die nicht flüchtigen Elemente nahezu in solaren Verhältnissen. Für die Erde wird ein den Meteoriten analoger Ursprung (Akkretionsprodukt des solaren Nebels) und ein ähnliches Alter, wie für undifferenzierte Meteorite von ~4,6 Ga angenommen. Die Bildung des metallischen Erdkerns fand in den ersten 30 Ma (Ende der Hauptphase der Akkretion) statt. Die ursprünglich vorhandenen hochsiderophilen Platinmetalle sind bei der Mantel-Kern-Bildung quantitativ in den Kern gewandert. Nach der Segregation des Erdkerns war der Silikatmantel der Erde praktisch frei von Platinmetallen. Trotzdem liegen heute diese Elemente im Erdmantel in „relativ hohen (ng/g-Bereich)“ und fast solaren Häufigkeitsverhältnissen vor [1]. Wie läßt sich dies erklären? Die Erde war wie der Mond in den ersten ~500 Ma einem intensiven Meteoritenbombardement ausgesetzt, wodurch diese Elemente dem Erdmantel nach der Mantel-Kern-Bildung wieder durch kosmische Materie zugeführt wurden. Es ist daher anzunehmen, dass der heutige Erdmantel diese Gruppe von Elementen noch in ihren ursprünglichen kosmischen Elementverhältnissen dieser letzten Zumischung/en („late veneer“) enthält.

Hinweise auf Kondensationsprozesse im solaren Nebel – „eingefroren“ in Gesteinen des Erdmantels

Bei der Kondensation des solaren Nebels in die primitiven Bausteine des Sonnensystems findet ein Übergang⁴ von einer Gasphase geringer Dichte (10 atm) in die feste Phase statt. Kondensationsmodelle gehen davon aus, dass

ursprünglich alle Elemente in der Gasphase vorlagen und der Nebel eine solare Zusammensetzung hatte. Betrachtet man die einzelnen Metalle so kondensierten zunächst Os (1814 K), gefolgt von Ir (1610 K), Ru (1573 K), Pt (1411 K), Rh (1391 K) und Pd (1334 K) entsprechend ihrer relativen Flüchtigkeiten im solaren Nebel.

Ca- und Al-reiche Hochtemperatureinschlüsse (CAI) von Chondriten werden als frühe Kondensate des solaren Nebels interpretiert. In den meisten Einschlüssen findet man eine starke Anreicherung der hochschmelzenden Elemente entsprechend ihrer relativen Flüchtigkeiten im solaren Nebel.

Die Verteilung der hochschmelzenden Platinmetalle im Erdmantel ist jedoch komplex. Im Erdmantel beobachtet man genau den umgekehrten Trend (Abb. 1 in [2]). Da Os und Ir gegenüber Pd und Rh verarmt sind, muß ein Teil des Os und Ir während der Kondensationsphase als Kondensat entfernt worden sein, bevor die Elemente Pd und Rh vollständig kondensiert waren. Die Kondensation der weniger refraktären Platinmetalle Pd und Rh erfolgte offenbar an einem Ort im solaren Nebel aus dem zuvor Hochtemperaturkondensate weggeführt wurden. Eine Ausnahme bildet Ru (positive Ru-Anomalie!), dessen Ursache noch unklar ist.

Diese Vorstellung von der Einstellung der Platinelementverhältnisse im heutigen Erdmantel erfordert die vorherige Bildung einer komplementären Komponente als Erstkondensate des solaren Nebels mit einer entsprechenden Os und Ir-Anreicherung. Solche Anreicherungen sind aus ultrarefraktären Einschlüssen von Chondriten auch bekannt. Anreicherungen der Elemente Pd und Rh, wie sie im Erdmantel nachgewiesen sind, sind bei einer Gas/Fest-Kondensationen unter Fortführung der refraktären Elemente Os und Ir zu erwarten, nicht aber bei magmatischen Fraktionierungsprozessen. Die heutigen Häufigkeitsverhältnisse der Platinelemente im Erdmantel könnten somit kosmochemische Fingerabdrücke von Prozessen darstellen, die im solaren Nebel stattgefunden haben.

[1] Schmidt G. (2004) Meteoritics & Planetary Science 39. [2] Schmidt G, Kratz K.-L. (2005) Jahresbericht.