

Astrophysikalische Rechnungen für explosive Nukleosynthese

B. Pfeiffer¹ und K.-L. Kratz¹

¹ Institut für Kernchemie, Universität Mainz, Mainz, Germany

Die Elemente jenseits von Eisen werden etwa je zur Hälfte im astrophysikalischen s- und r-Prozess synthetisiert. Die Häufigkeiten im Sonnensystem stellen eine Mischung unterschiedlicher Syntheseereignisse dar. Primitive Meteorite gestatten durch die Analyse der Isotopenzusammensetzung der Elemente charakteristische Spuren distinkter Ereignisse aufzufinden. Die zeitliche Abfolge der Nukleosyntheseprozesse liesse sich an Hand der Beobachtung sehr alter Sterne im Halo der Milchstrasse untersuchen.

Im Allgemeinen lassen sich aus Sternspektren jedoch nur elementare Häufigkeiten ermitteln. Im Falle des Ba werden im s- und r-Prozess unterschiedliche Anteile von Isotopen mit gerader und ungerader Massenzahl gebildet. Die Hyperfeinaufspaltung der ungeraden Isotope bewirkt eine Verbreiterung des Profils der Absorptionslinien, die mit hochauflösender Spektroskopie beobachtbar sein sollte. Erste Messungen ergaben widersprüchliche Resultate. Gacquer [1] konnte den Effekt bei den zwei sehr alten Halosternen HD122563 und HD140283 mit Metallizität $[Fe/H] = -2.7$ beobachten. Das Profil der Ba-Linie liess sich nur mit einem 50% r-Prozess-Anteil fitten. Magain [2] dagegen fand keinen r-Prozess-Beitrag im Halo-Stern HD140283.

Die Beobachtung von dem r-Prozess entsprechenden Eu-Isotopenverhältnissen in drei extrem alten Halo-Sternen [3] veranlasste uns, die r-Prozess Isotopenverhältnisse für Ba und Eu mit dem kanonischen Multikomponenten r-Prozess-Ansatz [4] zu berechnen. Untersucht wurde der Einfluss der Neutronendichte in zwei Szenarien. Zum einen wurden die "klassischen" Bedingungen gewählt, die aus der Anpassung an solare Werte abgeleitet wurden (d.h. Eisen als Saatkerne und Abhängigkeit von Wichtung und Zeitdauer der Komponenten von der Neutronendichte aus [5]) und zum andern wurden diese Abhängigkeiten neu für Zr-Saatkerne bestimmt. In Abb. 1 sind als Beispiel die mit den zwei Szenarien berechneten Verhältnisse $^{137}Ba/^{135}Ba$ bzw. $^{138}Ba/^{135}Ba$ in Abhängigkeit von den Neutronendichten dargestellt. Die beobachteten Verhältnisse lassen sich nur für hohe Neutronendichten $n_n \geq 10^{23} \text{ cm}^{-3}$ erreichen. Im Fall der Fe-Saat entspricht das Prozessdauern von etwa 3 s, während für Zr-Saat Dauern von weniger als 1 s erforderlich sind.

Aus dem Vergleich der berechneten Werte mit bald erfolgreicher hochauflöster Spektroskopie an weiteren Halo-Sternen mit unterschiedlicher Metallizität (entsprechend Zeit nach der Entstehung der ersten Sterne) lassen sich durch die Beobachtung von Isotopen- statt bisher nur Elementhäufigkeiten engere Bereiche der astro- und kernphysikalischen Parameter für Modellrechnungen ableiten. Der

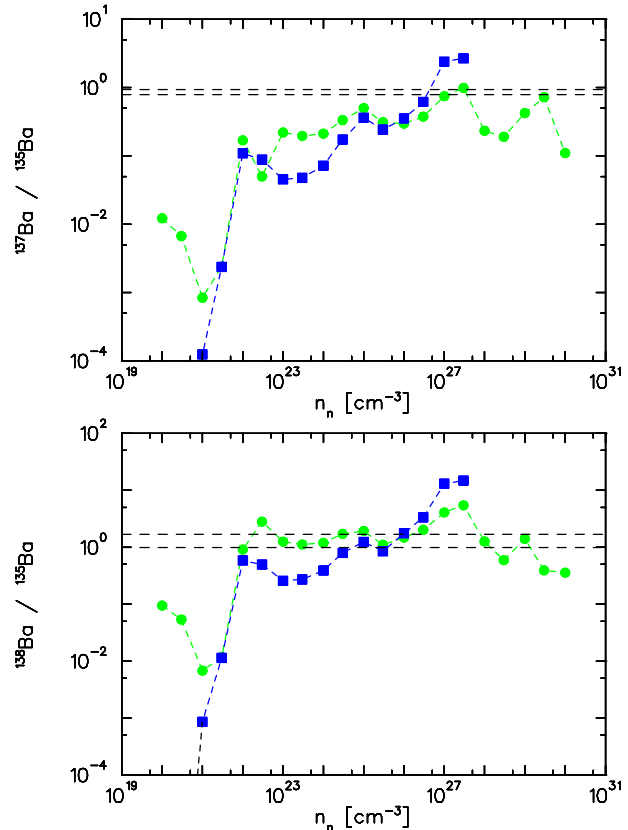


Abbildung 1: Häufigkeitsverhältnis der Ba-Isotope 137 über 135 (oberer Teil) und 138 über 135 (unterer Teil) als Funktion der Neutronendichte für Fe- (Kreise) und Zr-Saatkerne (Quadrate). Die beobachteten Verhältnisse sind als Bänder dargestellt.

Anteil von s- und r-Prozess-Beiträgen zu den Ba-Häufigkeiten in Abhängigkeit von der Metallizität der Halo-Sterne wird Aufschluss über den Zeitpunkt des Einsatzes der s-Prozess-Nukleosynthese geben.

References

- [1] W. Gacquer, IAU Symp. no. 187 *Cosmic Chemical Evolution*, Kyoto, 1997
- [2] P. Magain, *A&A* 297, 686 (1995)
- [3] C. Sneden et al., *ApJ* 526, L25 (2002)
- [4] B. Pfeiffer et al., *Nucl. Phys. A* 693, 282 (2001)
- [5] J.J. Cowan et al., *ApJ* 521, 194 (1999)