

References

BEGEMANN 1999

Friedrich Begemann, Konrad Kallas, Sigrid Schmitt-Strecker & Ernst Pernicka, *Tracing ancient tin via isotope analyses*. In: ANDREAS HAUPTMANN, ERNST PERNICKA, THILO REHREN & UN-SAL YALGIN (Hrsg.), *The Beginnings of Metallurgy, Proceedings of the International Conference „The Beginnings of Metallurgy“, Bochum 1995*. Der Anschnitt, Beiheft 9 ([Bochum 1999](#)), 277–284.

BERGER 2016

Daniel Berger, Gerhard Brügmann, Elin Figueiredo & Ernst Pernicka, *Zinnisotopenverhältnisse von Verhüttungsprodukten von Kassiterit und ihre Bedeutung für die Herkunftsbestimmung von Zinn*. [Metalla \(2016\), Sonderheft 8](#), 194–197.

Inwieweit andere pyrometallurgische Prozesse wie Gießen und Wiederaufschmelzen (Recycling) Einfluss auf die Isotopen haben, ist derzeit Gegenstand weiterer Forschungen.

BRÜGMANN 2015

Gerhard Brügmann, Daniel Berger, Ernst Pernicka & Bianka Nessel, *Zinn-Isotope und die Frage nach der Herkunft prähistorischen Zinns*. [Metalla \(2015\), Sonderheft 7](#), 189–191.

DAYTON 2003

John E. Dayton, *The problem of tin in the ancient world, (Part 2)*. In: ALESSANDRA GIUMLIA-MAIR & FULVIA LO SCHIAVO (Hrsg.), *Le probleme de l'etain a l'origine de la metallurgie – The Problem of Early Tin, Acts of the XLVth UISPP Congress, University of Liege, Belgium, 2–8 September 2001*. BAR International Series 1199 ([Oxford 2003](#)), 165–170.

The sources of the tin used to make the bronzes of the Bronze Age has been a matter of much speculation since the writer's paper of 1971. Obvious and well-known tin deposits in Europe (Cornwall, Spain and Bohemia have been ignored by Middle Eastern archaeologists in a frantic search for an eastern source. (The idea that bronze and technology could have spread from Barbarian Europe being anathema to the belief in the superiority of the not so very 'Fertile Crescent'). Minute traces of tin at the ppm level have been hailed as the source of all Bronze Age bronze, e.g. at Kestel in Anatolia, and traces in eastern Iran and Afghanistan.

Recent lead isotope analysis of ancient tin ingots (Begemann et al 1999) has shown that some tin in Phoenician times was coming from Central Africa, and the area known to the Ancient Egyptians as "The Land of Punt." This has confirmed the ignored work of Brill et al (1974) who analysed lead from 12th Dynasty tombs and of the writer (1971, 1978, and 1986) who analysed lead ores from the area.

HELWING 2009

Barbara Helwing, *Rethinking the Tin Mountains, Patterns of usage and circulation of tin in Greater Iran from the 4th to the 1st millennium bc.* [Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi 12 \(2009\), 209–221.](#)

Considering the development of early copper processing in Western Asia in general, a period of experimentation in various materials available from locally confined sources of tin-copper, lead and possibly other materials can be stated to have occurred during the early 3rd millennium BC. This early start, however, does not lead to the formation of a stable industry. In the later Early Dynastic city states of Mesopotamia, elites seem to have taken over control of the traffic in such items through the newly developing maritime trade on the Persian Gulf, thereby possibly discouraging local industries from further developments. Susa begins only during the later part of the 3rd millennium to participate in the tin trade network, and in the 2nd millennium BC becomes one of its controlling nodes, as was Anshan further east.

Keywords: Iran | tin | Bronze Age | tin alloy | metal trade

MARAHRENS 2016

J. Marahrens, D. Berger, G. Brügmann & E. Pernicka, *Vergleich der stabilen Zinn-Isotopenzusammensetzung von Kassiteriten aus europäischen Zinn-Lagerstätten.* [Metalla \(2016\), Sonderheft 8, 190–193.](#)

Vergleicht man die Kassiterite aus Cornwall und dem Erzgebirge, fällt auf, dass sich die beiden Provinzen hinsichtlich ihrer Zinnisotopenzusammensetzung nicht unterscheiden lassen. Demnach scheint auch eine Unterscheidung der einzelnen Lagerstättengebiete innerhalb Cornwalls und des Erzgebirges kaum möglich. Die sekundären Erze müssen noch detaillierter untersucht werden.

NESSEL 2015

B. Nessel, G. Brügmann & E. Pernicka, *Tin Isotopes and the Sources of Tin in the Early Bronze Age Únětice Culture.* In: JOSEP MARÍA MATA-PERELLÓ, MARK A. HUNT ORTIZ & ENRIQUE ORCHE GARCÍA (Hrsg.), *Patrimonio Geológico y Minero: De la Investigación a la Difusión, Actas del XV Congreso Internacional Sobre Patrimonio Geológico y Minero, 25–28 de septiembre de 2014.* [\(Logrosán 2015\), 1–20.](#)

Bronze, a Cu-Sn alloy, occurred during the early third millennium B.C., and became an eponym for an epoch lasting more than two thousand years. While great progress has been made concerning the provenance of copper, the origin of tin remains as one of the knottiest problems in archaeology. Apart from the difficulties to find tin deposits and production sites that were exploited in prehistoric times by applying traditional textual, geological and archaeological evidence, even geochemical approaches proved to be problematic, if one attempts to associate potential ore sources with archaeological artefacts. Neither trace element concentrations and abundance patterns nor lead isotopic compositions offer defined fingerprints that can trace tin back to its source, especially when alloyed with copper. The isotopic composition of tin itself, in its ores and bronzes, may be a promising tool for answering the open questions.

This paper discusses methodical issues in acquiring tin isotope data from metal objects. It also presents the first tin isotopic research on Early Bronze Age metal artefacts from the region of Halle, Germany, which belong to the central European Únětice Culture. The results indicate that bronzes from different hoards and with

variable tin contents (1 to 12 wt. %) display a narrow range in the tin isotopic composition $d^{124}\text{Sn}/^{120}\text{Sn} = 0.24 \pm 0.04 \text{ ‰}$. The isotope ratios agree well with published data of cassiterites from the Erzgebirge. It seems thus likely that the Unetice Culture used the local tin ores, even though there is no archaeological evidence of prehistoric tin mining in this region.

Keywords: Unetice Culture | tin-Sn-isotope ratios | Central Germany

NUKLIDKARTE 1998

G. Pfennig, H. Klewe-Nebenius & W. Seelmann-Eggebert, *Karlsruher Nuklidkarte*. (Karlsruhe ⁶1998).

PERIODENSYSTEM 2002

Ekkehard Fluck & Klaus G. Heumann, *Periodensystem der Elemente*. (Weinheim ³2002).

PERNICKA 1998

Ernst Pernicka, *Die Ausbreitung der Zinnbronze im 3. Jahrtausend*. In: BERNHARD HÄNSEL (Hrsg.), *Mensch und Umwelt in der Bronzezeit Europas – Man and Environment in European Bronze Age, Abschlußtagung: Die Bronzezeit, das erste goldene Zeitalter Europas, Berlin, 17.–19. März 1997*. (Kiel 1998), 135–147.

YALÇIN 2009

Ünsal Yalçın & Hadi Özbal, *Ein neues Zinnvorkommen in Kayseri-Hisarcık, Zentralanatolien, Ein Vorbericht*. *Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi* **12** (2009), 117–122.

Die ersten Untersuchungen in Hisarcık haben gezeigt, dass in Anatolien durchaus Zinnvorkommen zu erwarten ist. Die bis dahin steril geltende granitische Schmelze des Kappadokischen Vulkanischen Komplexes scheint doch erzführend zu sein, wenn auch sein ökonomisches Ausmaß noch nicht abzuschätzen ist. Neben den bisher viel diskutierten Kestel wird auch in Hisarcık bei Kayseri Zinn nachgewiesen. Über die Größe des Vorkommens und das Ausmaß des frühen Bergbaus und dessen Zeitstellung lässt sich momentan keine Aussage treffen.

Bei den Bergbauspuren handelt es sich um kleine Schächte, Such- und Abbaustrecken und durch die Erosion verschüttete Stollenmundlöcher. Einige Kriechstrecken enden in einem größeren Abraum. Die stumpfen Abbauspuren deuten darauf hin, dass hier Steinwerkzeuge im Einsatz waren. Damit kann eine prähistorische Zeitstellung als wahrscheinlich gehalten werden.

Keywords: Tin | ancient mining | Kayseri | Anatolia

Keywords: Zinn | Alter Bergbau | Kayseri | Anatolien

YALÇIN 2016

Ünsal Yalçın, *Zinn für die Königin, Ein Barrenfragment aus Alacahöyük und seine Deutung*. In: GABRIELE KÖRLIN, MICHAEL PRANGE, THOMAS STÖLLNER & ÜNSAL YALÇIN (Hrsg.), *From Bright Ores to Shiny Metals, Festschrift for Andreas Hauptmann on the Occasion of 40 Years Research in Archaeometallurgy and Archaeometry*. Der Anschnitt, Beiheft 29 (Bochum 2016), 69–74.

An der Probe wurden außerdem die Bleisotope ermittelt und mit den beiden anatolischen Zinnvorkommen in Kayseri-Hisarcık (Yalçın & Özbal 2009) und

Niğde-Kestel (zuletzt Yener 2009) verglichen (Abb. 4). Hier wird eine sehr gute Übereinstimmung mit den Zinnerzen aus Kayseri ersichtlich. Obwohl die Lagerstätten nur mit wenigen Analysen belegt sind und hier eher von einem Trend auszugehen ist, kann eine Herkunft des Zinns aus Kayseri für wahrscheinlich gehalten werden. Das Zinnvorkommen bei Kayseri wurde in den Jahren 2001 bis 2003 von Mitarbeitern der staatlichen Anstalt für Geologie und Erzexploration der Türkei (MTA) beobachtet und 2004 vom Autor selbst untersucht; dabei konnten prähistorische Bergbauspuren nachgewiesen werden (Yalçın & Özbal 2009). Weiterführende Geländearbeiten werden derzeit fortgeführt (Yener et al. 2015).

Bei dem hier kurz besprochenen Fund handelt es sich um das bisher früheste, aus einem Grabkontext stammende Zinn im gesamten Vorderen Orient. Bekanntlich sind Zinnfunde (Barren oder Objekte) sehr selten in der Archäologie. Abgesehen von einem tordierten Armring von Thermi, dessen Fundkontext und Datierung nicht sicher sind, und von dem bisher der analytische Nachweis fehlt, stammen die ersten gut identifizierten Zinnbarren aus den beiden spätbronzezeitlichen Schiffwracks von Uluburun sowie Cap Gelidonya (Bass 2005). Auch bei unserem Fund handelt es sich wahrscheinlich um den Rest eines Zinnbarrens, der damals sehr wertvoll war und deshalb der bestatteten Persönlichkeit ins Grab gelegt wurde.

YAMAZAKI 2014

E. Yamazaki, S. Nakai, Y. Sahoo, T. Yokoyama, H. Mifune, T. Saito, J. Chen, N. Takagi, N. Hokanishi & A. Yasuda, *Feasibility studies of Sn isotope composition for provenancing ancient bronzes*. [Journal of Archaeological Science](#) **52** (2014), 458–467.

This study examined isotope fractionation during bronze casting and assessed variation in Sn isotope composition of Chinese bronze products to ascertain whether a Sn isotope tracer is applicable to provenance studies of bronze products or not. A casting experiment revealed that the Sn isotope composition of a bronze block surface becomes slightly heavier, 0.22 ‰ in d124Sn/120Sn scale, ($d124Sn/120Sn = [(124Sn/120Sn \text{ sample}) / (124Sn/120Sn \text{ standard}) - 1] \cdot 1000$), than original Sn beads because of selective evaporation of light isotopes. The Sn isotope compositions of six bronze product samples excavated in China were analyzed. The variation of d124Sn/120Sn in the six samples was as great as 0.4 ‰. Six bronze samples showed small but detectable isotope variation that surpassed isotope shift during casting. Results suggested that the application of Sn isotope ratio to provenance studies of bronze products was of limited use because of the small variation. However, it was also shown that the Sn isotope ratio can be applied for provenancing a bronze sample with a distinct isotope composition.

YI 1999

Wen Yi et al., *Tin isotope studies of experimental and prehistoric bronzes*. In: ANDREAS HAUPTMANN, ERNST PERNICKA, THILO REHREN & UNSAL YALGIN (Hrsg.), *The Beginnings of Metallurgy, Proceedings of the International Conference „The Beginnings of Metallurgy“, Bochum 1995*. Der Anschnitt, Beiheft 9 ([Bochum 1999](#)), 285–290.

Wen Yi, Paul Budd, Rona A. R. McGill, Suzanne M. M. Young, Alex N. Halliday, Randolph Haggerty, Brett Scaife & A. Mark Pollard