

ISTVÁN BARANYI

Betrachtungen über die Herkunft des Zinns in der Bronzezeit

Kurzfassung

Keine der zahlreichen Theorien konnte bis heute die Herkunft des Zinns in der Bronzezeit hinreichend erklären. Die Entstehung der prosperierenden Zentren der Bronzeherstellung lässt sich nicht mit langen Handelswegen der Zinnlieferungen erklären. Reiche, lokale Zinnquellen können zwar nicht nachgewiesen werden, doch können bestimmte Regionen als mögliche Rohstofflieferanten in Betracht kommen.

Abstract

Considerations about provenance of tin in the Bronze Age

Although there are numerous presentations of ideas and reflections about the provenance of tin in early history, this question remains unsolved. The bronze workshop centres could not rely on local supply of tin raw materials because of the absence of near occurrences of ore deposits. Long distances to the rich mining districts made the acquisition difficult and raised the prices of production. Possible sources of tin in Bronze Age will be discussed.

Autor

Dr. ISTVÁN BARANYI, Staatliches Museum für Naturkunde, Postfach 111364, D-76063 Karlsruhe

1. Einleitung

Die Frage nach der Herkunft des Zinns in der Bronzezeit ist heute noch nicht gelöst. Große Zinnlagerstätten in Cornwall, in der Bretagne, in N-Portugal und NW-Spanien, in Nigeria und in Malaysia können die lokale Bronze-Produktion an vielen Orten, beispielsweise als Grundlage der außerordentlich reichhaltigen Bronzekunst im Karpatenbecken, wegen der langen Transportwege nicht erklären.

Dank seiner großen mechanischen und chemischen Widerstandsfähigkeit und seinem hohen spezifischen Gewicht, kann Zinnstein, ähnlich wie Gold, an den Barrieren eines langsam fließenden Flusses als sog. „Flußzinn“ entstehen („Seifen“ bzw. „placers“). Die kleinen Erzkörner können aus solchen Anreicherungen in den Flußablagerungen ausgewaschen („ausgeseift“) werden. Bis in die Neuzeit hinein hat man Zinn, wie AGRICOLA es aufzeichnete, mit Hilfe von Läutertrögen (Abb. 1, G), siebenzinkigen Seifengabeln (E), Rasenstücken (D) und Tannenzweigen auch aus Bachrissen gewaschen. Vermutlich wurden vielerorts Zinnseifen abgebaut, ohne irgendwelche Abbauspuren zu hinterlassen. Eine prähistorische Nutzung des Flusszinns in den europäischen Lagerstättegebieten (Abb. 3) wird von mehreren Autoren angenommen (PENHALLURICK 1986).



Abbildung 1. Zinnseifenarbeit nach AGRICOLA (1530).

Im Mittelmeerraum und in seinen Nachbargebieten gibt es zwei Regionen, wo wir trotz blühender Metallkultur in der Bronzezeit, so gut wie kein Zinnvorkommen kennen: In der Ägäis und in Mesopotamien. Hier entwickelte sich damals ein lebhafter Zinnhandel.

2. Die Legierungen des Kupfers mit Zinn und Arsen

Betrachten wir die Art der Bronzen, so fällt auf, daß das Kupfer neben Zinn und Arsen auch mit einer Reihe anderer Metalle legiert wurde, so mit Nickel, Antimon, Blei und Zink. Diese vier Metalle blieben jedoch

in der Bronzezeit nur Beimischungen. Die ersten Bronzen waren noch ohne Zinn, nur mit Arsen und eventuell mit Nickel oder gelegentlich mit Blei legiert oder vielleicht nur unbeabsichtigt verunreinigt. Das weitaus wichtigste Legierungsmetall der Bronzezeit war jedoch das Zinn. Zink erlangte erst in der Römerzeit Bedeutung, als Messing in größeren Mengen hergestellt wurde.

In geringen Konzentrationen von 0,05% bis 3,0% erniedrigt Zinn den Schmelzpunkt einer Legierung unter 1000° C, wirkt also wie Flussmittel:

Kupfer	Kupfer + 8% Zinn	Kupfer + 13% Zinn
1084°C	1000°C	830°C

In dem Diagramm der Abbildung 2 sind die dem Kupfer beigemischten Anteile des Arsens bzw. Zinns nach rechts und die Temperatur nach oben aufgetragen. Wenn wir eine Schmelze sehr langsam abkühlen, kann sich ein Gleichgewicht zwischen flüssigen und festgewordenen Teilen einstellen. Aus einer Schmelze, z. B. mit 95% Cu und 5% Sn beginnen etwas oberhalb von 1000°C (beim Erreichen der obersten Linie) Kristalle von α -Bronze auszuscheiden, solange, bis etwas unterhalb 900°C (beim Schneiden der unteren Linie) alles erstarrt. Da nur wenig Zinn in das Kupfergitter eingebaut wird, bleiben die Eigenschaften des Kupfers, so die gute Schmiebarkeit weitgehend erhalten. Bei geringen Mengen von eingebautem Zinn

bilden die etwas größeren Zinn-Atome mit den kleineren Kupfer-Atomen ein Gitter, in dem Spannungen auftreten, die zuerst das Härterwerden der Legierung bewirken. In Anteilen von 3-15% härtet Zinn die Legierung und verleiht ihr eine goldähnliche Farbe. Bereits 10% Zinn gibt der Legierung eine Härte, vergleichbar der des weichen Stahls. Beim Einbau von mehr als 13% Zinn werden die Spannungen so stark, daß eine brüchige, spröde Bronze entsteht (Bildung einer sog. η -Phase), die nicht mehr schmiebar ist. Der Zinngehalt der Bronzen sollte deshalb nicht über 13-14% steigen. Durch langes Zwischenglühen vor dem Abschrecken kann die Entstehung der η -Phase vermieden werden.

Das Zinn ist bei seiner Schmelztemperatur von 232 °C gegen den Luftsauerstoff noch beständig. Dies erleichtert das Gießen, da das geschmolzene Metall beim Gießen in die „verlorene Form“ oder „cire perdue“ (Wachsausschmelzverfahren) besonders leicht oxidiert. Je kleiner die Metallmengen sind, desto größer ist die Gefahr der Oxidation. Arsenbronzen sind dagegen viel einfacher zu bearbeiten, da sie im Gegensatz zu Zinnbronzen keine spröde η -Phase bilden. Nimmt man die Versprödung in Kauf, so kann man durch Glühen und langsames Abkühlen eine größere Härte erreichen. Den Vorteilen der Arsenbronzen steht jedoch die starke Giftigkeit des Arsen-

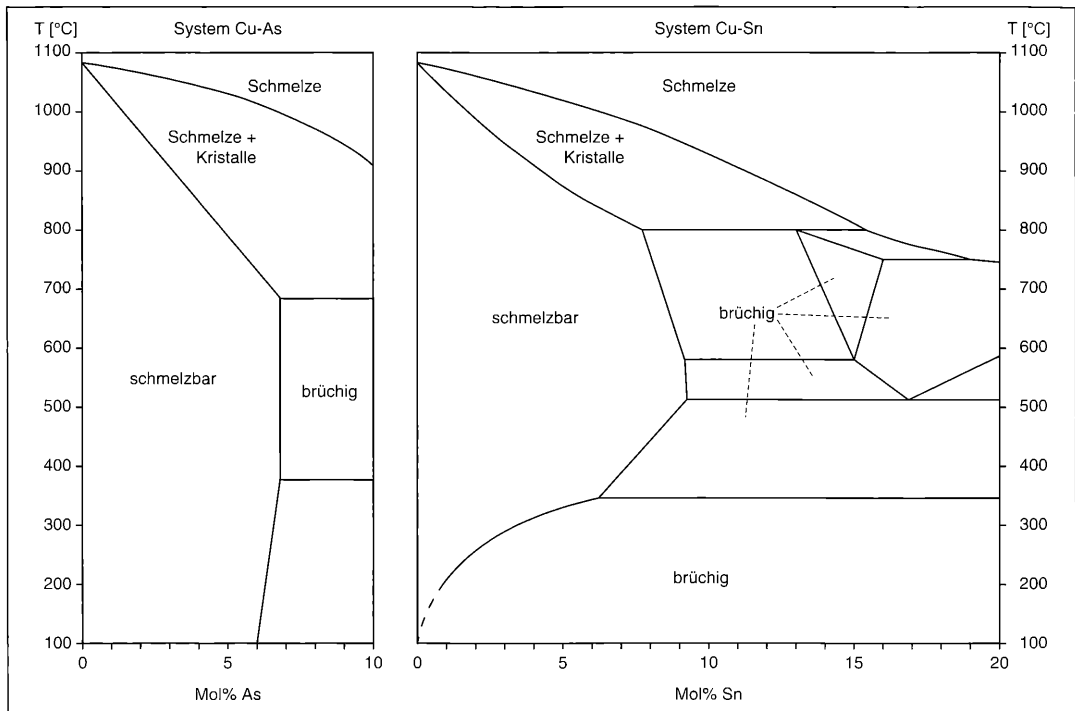


Abbildung 2. Phasendiagramme für die Legierungen Kupfer-Arsen und Kupfer-Zinn (nach MOESTA 1983).

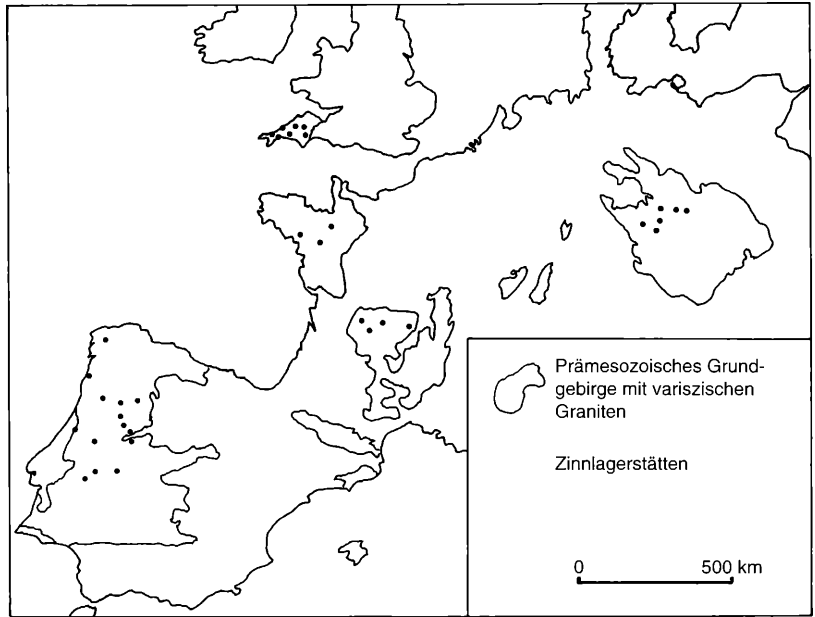


Abbildung 3. Die Verteilung der Zinn-Wolfram-Lagerstätten in den europäischen Varisziden (nach STEMPROK 1980).

rauches und die damit verbundene hohe Sterblichkeit der Hüttenleute gegenüber, was vermutlich der Grund dafür war, dass sich weithin die Zinnbronze durchsetzte (MOESTA 1983).

3. Die Geologie der Zinnlagerstätten

Geologisch sind die Zinnlagerstätten an granitische Plutonite gebunden. In der Dachregion der Granitstöcke werden die leichtflüchtigen Bestandteile im Restmagma während dessen Abkühlung besonders angereichert, und bei 450-500°C wird ein Stadium erreicht, in dem es nicht mehr als Schmelze, sondern bereits als gasreiche Schmelzlösung bezeichnet werden kann. Unter hohem Druck in der Tiefe bleiben die Gase in ihr gelöst. Diese gasreiche, sog. pneumatolytische Lösung ist besonders reaktionsfähig und aggressiv. Wird sie in das Nebengestein abgepresst, so wird sie es zersetzen, imprägnieren und schließlich verdrängen. In granitischen Gesteinen entstehen dabei die sog. „Greisen“, die mit feinkörnigem Zinnstein, mit Lithiumglimmern und anderen Produkten der leichtflüchtigen Bestandteile angereichert werden. Die Mineralisierung schreitet entlang von Spalten und Rissen fort und dehnt sich später seitlich aus. Die Feldspäte werden vollkommen durch Quarz ersetzt, so daß aus dem Granit ein Quarz-Muskowit-Zinnwaldit (Li-Fe-Glimmer)-Gemenge entsteht.

Eine der größten Zinnlagerstätten befindet sich in Cornwall, wo die Mineralisation zeitlich und räumlich

an den großen variszischen Batholith gebunden ist, der an fünf Aufwölbungen, Dartmoor, Bodmin Moor, St.Austell, Carnmenellis und Land's End sowie an den Scilly Isles an die Erdoberfläche kommt. Weitere Zinnvorkommen kennen wir von NW-Spanien und Portugal, vom Massif Central und vom sächsisch-böhmischen Erzgebirge (STEMPROK 1980) (Abb. 3).

Der Granitstock von Zinnwald hat den Quarzporphyr von Teplitz durchbrochen. In seiner Scheitelregion wird er von parallelen Zinnerz-Gangtrümmern durchsetzt (Abb. 4). Neben Zinnstein (SnO_2 , „Kassiterit“) führen diese Gänge noch Wolframit (Fe,MnWO_4), Scheelit (CaWO_4) und Lepidolith (K-Li-Glimmer), sowie die „tauben“, nicht verwertbaren Gangmineralien Quarz und Flußspat. Im Sächsischen Erzgebirge ist vor einigen Jahren der 500 Jahre alte Zinnbergbau erloschen.

4. Die möglichen Quellen des Zinns und die Entwicklung der Metallurgie in der Bronzezeit

Das Aufkommen und die Verbreitung von Waffen, Gebrauchsgegenständen und Schmuckfiguren aus Zinnbronze fällt in der ersten Hälfte des 3. Jahrtausends v. Chr. mit der beginnenden Blüte der großen Flußtal-kulturen am Nil, am Tigris und Euphrat und am Indus zusammen. In Europa und im nördlichen Mittelmeergebiet beginnt die Bronzezeit später, erst in der ersten Hälfte des 2. Jahrtausends. Zwar stellte man zur Zeit der sumerischen Frühdynastien in Mesopotamien be-

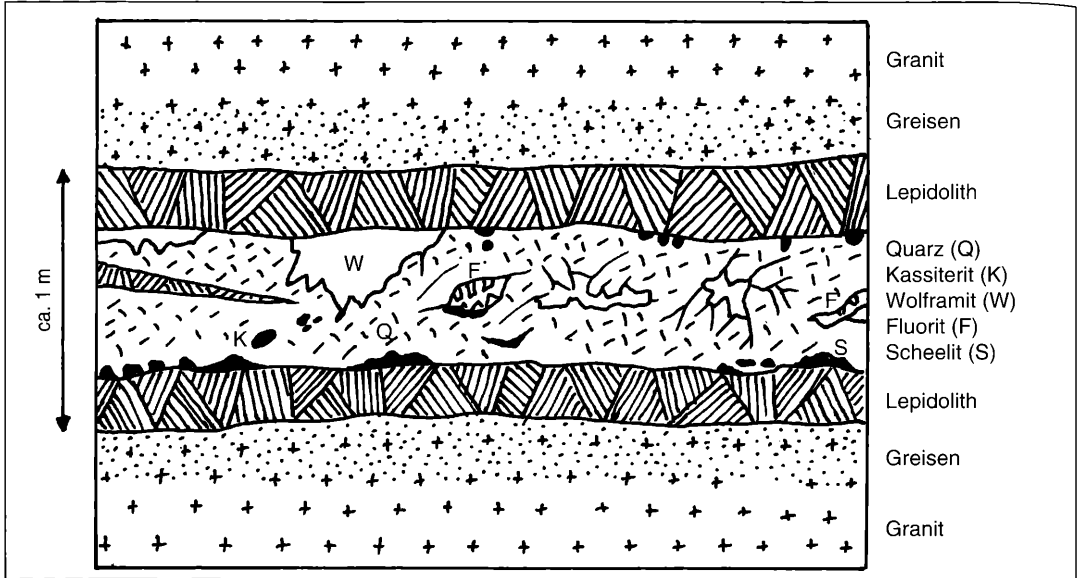


Abbildung 4. Schema des 1 m mächtigen Zinnstein-Ganges im Granit von Zinnwald im Sächsischen Erzgebirge (nach BECK 1909).

reits Kupfer-Zinn-Legierungen her, doch verbreitet waren damals nur die Kupferwaffen und -geräte. Die Ausbreitung der nahöstlichen Bronze-Metallurgie erfolgte möglicherweise auf verschiedenen Wegen („Technologie-Transfer“).

4.1 Zinn im Nahen Osten

Die frühesten zinnhaltigen Bronzen stammen aus der Uruk-Kultur von Ur (3500-3200 v. Chr.) und in der zweiten Hälfte des 4. Jahrtausends v. Chr. aus Mundigak in Afghanistan (Abb. 5). Bereits in der Frühdynastie von Ur wurde Zinn sprachlich vom Kupfer unterschieden.

Der erste Nachweis einer intensiven Verwendung von Zinn, zusammen mit Gold und beide aus alluvialen Seifen, im Nahen Osten stammt aus der ersten Hälfte des 3. Jahrtausends von den sumerischen Königsgräbern von Ur. Mesopotamien wird als das Ausgangsland der Zinnbronze-Technologie angesehen, von wo sie sich in alle anderen Länder ausbreitete. Die wichtigsten Zentren der Bronzeherstellung waren die Stätten Gawra, Kisch und Ur. Weder in Mesopotamien noch seiner direkten Umgebung gab es bedeutende Zinnvorkommen.

Im dritten Jahrtausend v. Chr. war neben Arsen das Zinn das Hauptlegierungsmetall des Kupfers in Mesopotamien. Bronze mit Zinn erscheint aber erst in der Frühdynastie II/III vor 2600 Jahren v. Chr. In Susa IVB machen die Artefakte mit mehr als 5% Sn erst 3% aus, in Susa VA bereits 10% und erst in Susa VB schnell ihr Anteil auf 48% hoch. Erst am Ende des 3. Jahrtausends erreichten Mesopotamien und Susa (in geringe-

rem Maße Luristan) das Monopol des Zinnbronze-Gießens.

In den Keilschrift-Texten des 3. Jahrtausends v. Chr. sind folgende zinnliefernde Länder erwähnt: Aratta (Ostiran bis Westafghanistan), Meluhha (Südpakistan), Magan (Oman), Dilmun (ein Gebiet in NE-Saudi-Arabien an der Westküste des Persischen Golfs) und Anšan (südliches Zagrosgebirge). Als Eintrittstor nach Mesopotamien diente in der ersten Hälfte des 2. Jahrtausends Susa (und Susarra). Im Wesentlichen konnte Susa von Meluhha, Magan und Dilmun aus mit Schiffen, von Anšan und Aratta aus auf dem Landwege erreicht werden. Von Anšan aus wurde Zinn über den Euphrat auch nach Mari, dann weiter in die Levante und bis nach Kreta geliefert (Abb. 5). Ab der zweiten Hälfte des 2. Jahrtausends v. Chr. kam Zinn zunehmend auch vom Westen, aus Cornwall und Spanien über die Levante nach Mesopotamien (POTTS 1994). Ein möglicher Zinnlieferant für Mesopotamien könnte auch Afghanistan gewesen sein, („Zinn von Drangiana“ STRABOS ?). Die heute bekannten Zinnlagerstätten südlich Herat und nördlich Kandahar liegen nahe den bronzezeitlichen Handelswegen. Ausgehend von Afghanistan berührten diese Handelswege die wichtigen bronzezeitlichen Zentren von Shar-i-Sokhta, Tepe Yahya, Tal-i-Iblis, Altın Tepe, Tepe Hisar und Tepe Sialk, bevor sie über Susa Mesopotamien erreichten. Afghanischer Lapis Lazuli von Sar-i-Sang in Badachschan gelangte über die Route der „Seidenstraße“, über Belch - Merv - dem östlichen Saum des Zagros folgend - über Hamadan und die Luristan-Ebene nach Zentralmesopotamien und über

den Euphrat nach Anatolien (Abb. 5). Diese Handelswege sind besonders bemerkenswert, wenn man an die ersten Zinnbronzen von Troja denkt, die zusammen mit Lapis Lazuli in Troja II erscheinen. In Troja II und in der Troas waren in der frühen Bronzezeit zinnhaltige Bronze weit verbreitet: Sie machen 62% aller damaligen Materialien aus (TREJSTER 1996). Das in Mesopotamien verwendete Zinn aus dieser Zeit wurde zuerst in die Troas importiert und gelangte dann über Troja nach Mittelanatolien. Es ist möglich, daß Zinn und Lapis Lazuli zusammen mit Gold gehandelt wurden. Gegen Mitte des 3. Jahrtausends gelangte Lapis Lazuli über diese Handelswege nach Mesopotamien, wo es in Ur und Gaura, sowie nach Persien, wo es in Tepe Hissar reichlich anzutreffen war. Kestel im anatolischen Taurus diente im 3. Jahrtausend wohl nur in geringfügigem Maße als Zinnquelle, ein großer Teil gelangte „auf Kamelrücken“ von weit her aus dem Osten nach Anatolien. Darüber hinaus gibt es Zinn in Pakistan, in Indien (Gujarat), aber keine Anzeichen für seine Nutzung in der Bronzezeit. Nördlich von Mesopotamien gibt es noch Zinnvorkommen um den Berg Sahand in Azerbaidtschan, entlang

des Kura Flusses zwischen Baku und Tiflis im Kaukasus, beim mittelbronzezeitlichen Metsamor an der Südseite des Armenischen Massivs und am Fuße des Berges Aragats.

4.2 Zinn in Mittelasien

Vor der Namazga V-Periode (ca. 2200-2400 v. Chr.) ist in Turkmenien Zinn nur selten nachzuweisen, ähnlich im Khorasan-Gebiet, in Afghanistan, Oman und in anderen Regionen des Persischen Golfes. Das Zinn der Namazga V -Bronze (um 2200-2000 v. Chr.) in Turkmenien könnte aus dem Zeravschan-Tal in Usbekistan stammen (MASSON & SARIANIDI 1972). Die Lagerstätten von Carman in Usbekistan und Murchison in Tadschikistan weisen zwar Spuren alten Bergbaus auf, sind aber noch nicht genügend erforscht (CIERNY 1995, WEISGERBER & CIERNY 1999) (Abb. 5). In der Mohenjo-Daro-Zivilisation beginnt das Chalkolithikum um 3000 v.Chr. nur mit wenig Bronze, aber mit nickelhaltigem Kupfer. Dagegen erscheinen in Harappa um 2500 v. Chr. bereits reichlich As-, Ni- und Sn-Bronzen (Abb. 5).

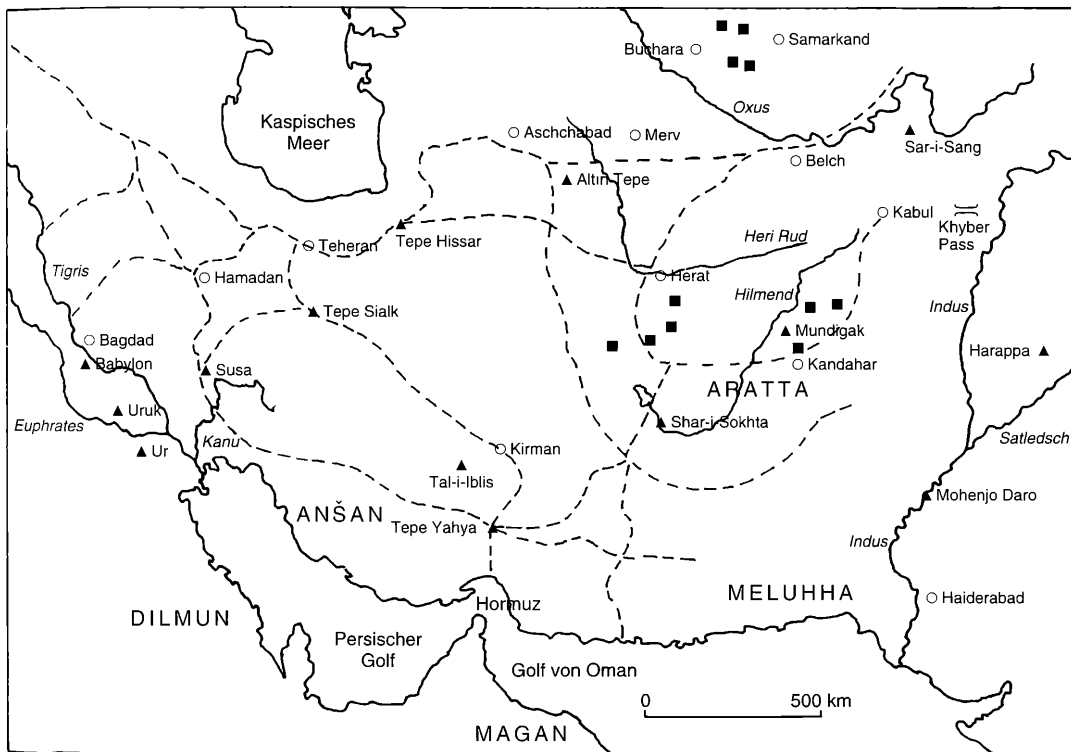


Abbildung 5. Die wichtigsten Stätten und Kommunikationsrouten Mesopotamiens und Persiens sowie die Liefergebiete des Zinns im Nahen Osten während der Bronzezeit (nach POTTS 1994). Zur Ergänzung wurden noch die heute bekannten Zinnvorkommen in Afghanistan (nach WOLFART & WITTEKINDT 1980) und in Usbekistan (nach KRAFT & KAMPE 1994) eingezeichnet. ▲ = alte Siedlungen; ■ = Zinnlagerstätten; ○ = heutige Ortschaften; gestrichelte Linien = Kommunikationsrouten.

4.3 Zinn in Anatolien und in der NO-Ägäis

Die Verwendung der Zinnbronzen begann in der NE-Ägäis in der zweiten Hälfte des 3. Jahrtausends (Troja IIg-Periode, entsprechend in Poliochni giallo- bzw. Anatolian Early-Bronze-III-Perioden), mit den wichtigen Stätten Troja, Poliochni/Lemnos und Thermi/Lesbos. Frühe Bronze-Funde wurden auch aus West-Anatolien (Kusura), aus Südost-Anatolien (Judeideh, Tarsus) und aus Zentral-Anatolien (Horoztepe, Alaça Hüyük, Ahlatatlibel) bekannt. Da die frühesten Artefakte in Küstenstädten gefunden wurden, die Region jedoch keine bedeutenden Kupfer- oder Zinnvorkommen aufweist, denkt man an eine Rohstoffversorgung über die Seewege (MUHLY et al. 1991, PERNICKA et al. 1992).

Während Silberartefakte bereits in der Poliochni-azzurro-Periode vorkommen – das Silber könnte von dem Bolkardağ im Taurus stammen –, erscheinen Zinn und Gold plötzlich in den Bronzen und Goldjuwelen in der Poliochni-giallo-Periode, in den „Schätzen“ von Troja IIg, und in den Metallartefakten der Königsgräber von Alaça Hüyük (Taf. 1 c).

Die isotopische Zusammensetzung eines Elements kann oft charakteristisch sein für die Herkunft eines Artefaktes und des Rohstoffes, aus dem er hergestellt wurde. Sie ändert sich nicht auf dem Wege vom Erz zum Artefakt (d. h. nicht durch Erhitzen, Lösen oder durch irgendeine chemische Umsetzung). Die Änderung der Isotopen-Verhältnisse deutet also die Änderung der Erzquellen an. Die Breite der Blei-Isotopenverteilung könnte die weite geografische Streuung der Rohstoffquellen widerspiegeln (BEGEMANN et al. 1989).

Die Blei-Isotopen-Verhältnisse der Kupferlegierungen, die in der Frühen Bronzezeit hergestellt wurden, sind in der Zeit von Poliochni azzurro, verde und rosso noch einheitlich, aber in der Poliochni giallo bzw. Troja IIg zieht sich wie, in Abbildung 6 ersichtlich, das Diagrammfeld der Isotopenverhältnisse nach rechts oben aus, d.h. in dieser Zeit wird geologisch älteres Erz mit höheren $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - und höheren $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnissen verwendet. Da die Menge des ^{204}Pb -Isotops seit der Entstehung der Elemente gleichgeblieben ist, wuchs mit der Zeit nur die Menge der radiogenen ^{208}Pb -, ^{207}Pb - und ^{206}Pb -Isotope. Bei der Bildung einer Erzlagerstätte wurden die radiogenen Blei-Isotope von ihren radioaktiven Mutterisotopen von ^{232}Th , ^{235}U und ^{238}U getrennt, damit wurde ihre Zustand bis heute „eingefroren“ Erzlagerstätten verschieden Alters zeigen somit unterschiedliche Bleiisotopen-Verhältnisse (MOMMSEN 1986). Diese Erze mit den höheren Bleiisotopen-Verhältnissen sind älter als die in der Ägäis oder in Anatolien und haben nach der Erfahrung, die man aus zahlreichen Untersuchungen gewinnen konnte, ein paläozoisch-präkambrisches Alter wie diejenigen, die aus Zentral-Asien bekannt sind. Daraus läßt sich schließen, daß mit dem gehäuftem Auftreten der Zinnbronzen in Troja IIg neue Erzquellen zu den alten hinzugekommen waren (PERNICKA et al. 1990).

4.4 Zinn in der südlichen Ägäis

Auch in der S-Ägäis gab es weder Kupfer- noch Zinn-Lagerstätten. Diese Metalle mußten durch den Seehandel besorgt werden. Auf den intensiven Zinnhandel der Mykäner weisen, neben der großen Menge von Bronzegegenständen, auch die gestielten Vasen mit

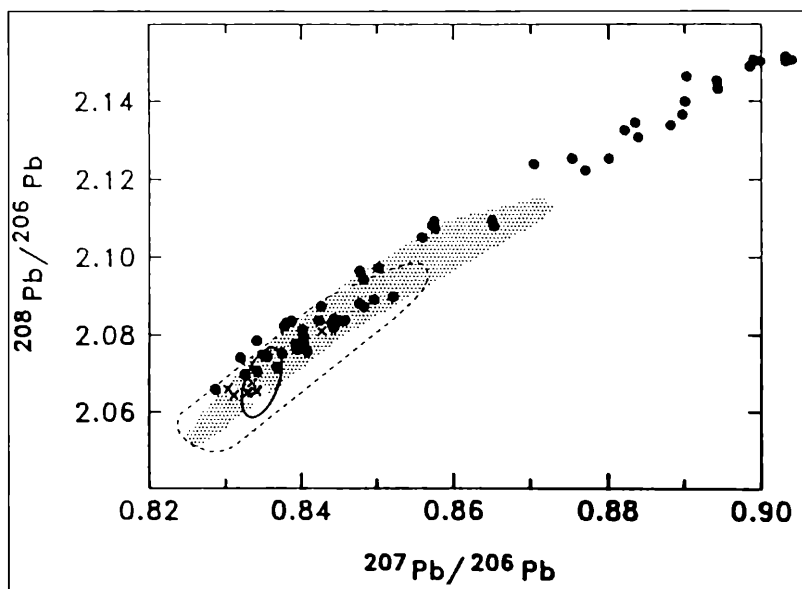


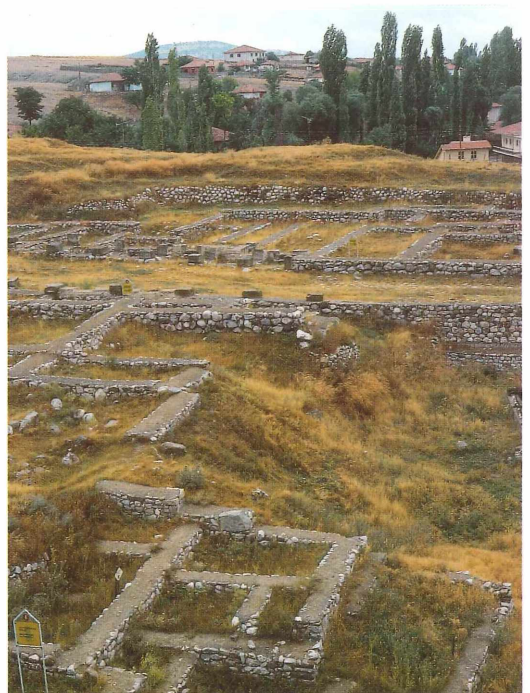
Abbildung 6: Bleiisotopenverhältnisse $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ gegen $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ in Kupfer- und Bronzeartefakten und in Kupfererzen aus dem ägäischen Raum (aus PERNICKA et al. 1990). Das $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnis wurde wegen der erwarteten Übereinstimmung mit den anderen beiden Bleiisotopen-Verhältnissen vernachlässigt. Ausgezogenes Linienfeld: Erze aus dem Troas; gestricheltes Linienfeld: Erze aus dem Ägäis und Anatolien; schattiertes Feld: Bronzeartefakte von Poliochni giallo und Troja IIg mit weniger als 1% Sn; schwarze Punkte: Bronzeartefakte von Poliochni giallo und Troja IIg mit mehr als 1% Sn; Kreuze: Artefakte von Poliochni azzurro, verde und rosso.



Tafel 1. a) Die Nuraghe von Santu Antine auf Sardinien. – Alle Fotos: I. BARANYI.



Tafel 1. b) Bronzetti-Bogenschütze aus Sardinien.



Tafel 1. c) Alaça Hüyük: Königsgräber (1450-1180 v. Chr.).



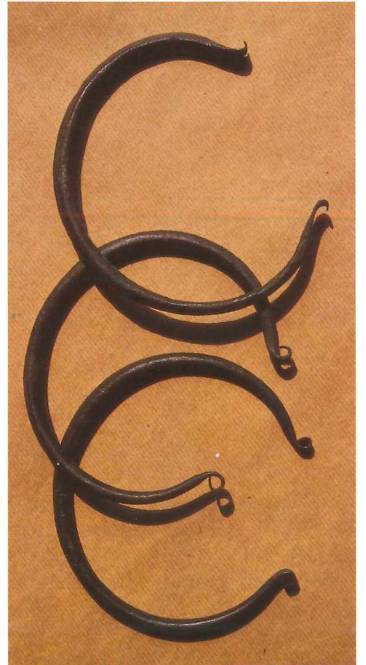
Tafel 2. a) Der Mount St. Michael bei Marazion in Cornwall.



Tafel 2. b) Randleistenbeil aus dem badischen Raum, Früh-Bronze-Zeit.



Tafel 2. c) Bronzefibeln aus dem badischen Raum, Früh-Bronze-Zeit.



Tafel 2. d) Ösenhalsring-Barren + (ein Spangen-Barren?) aus Bayern, Früh-Bronze-Zeit.

zinnhaltigen Inschriften hin, die von Zypern, Rhodos, Kreta und Mykänä beschrieben wurden. Eine an der Innenseite mit dünner zinnhaltigen Anstrich versehene Elfenbein-Pyxis wurde in Mykänä gefunden. Diese zinnhaltige Artefakte gehören ins 15/14. Jh. v. Chr. Eindeutig baltische Bernstein-Funde in Mykänä und mykenische Bronzeschwert-Funde in Skandinavien machen das Erzgebirge als mögliche Zinnquelle (höchstwahrscheinlich aus Flusszinn) neben Cornwall wahrscheinlich. Mykenischer Handel mit Westeuropa, insbesondere mit Cornwall gilt als erwiesen (Pelynt-Dolch gefunden in Cornwall, SCHAUER 1984). Neben Cornwall („Cassiterid insula“), dem Erzgebirge und der Iberischen Halbinsel („Tarschisch“), kommen noch Sardinien und die Toskana als Zinnquellen in Frage.

4.5 Zinn von Cornwall, Devonshire und aus der Bretagne

Zahlreiche Gußtiegel und andere Artefakte, wie z. B. der Ochshaut-Barren von Fallmouth zeugen von einer bronzezeitlichen Metallurgie in Devonshire und in Cornwall (PENHALLURICK 1986). Der Reichtum der Wessex- und Bretagne-Bronzezeitgruppen (2100-1700 v. Chr.) beruhte auf den ausbeutungsfähigen Zinnvorkommen von Devon, auf den Zinn- und Kupfervorkommen von Cornwall sowie auf den Zinn-, Gold-, Blei- und Silbervorkommen der Bretagne. DAVIES (1979) deutet einen möglichen Zusammenhang zwischen den zinnführenden Gängen bei Nozay und Abaretz und dem bronzezeitlichen Hortfund in der südlichen Bretagne an.

Ob Cornwall mit der Zinn-Insel der mykenischen Griechen identisch ist, ist nicht zu beweisen. HOMER und HERODOT konnten noch nichts über den Herkunftsort des Zinns („κασσιτεροζ“) schreiben. Nach der Überlieferung von PTOLEMAIOS lagen die Kassiteriden im Atlantischen Ozean vor der Nordwestküste Spaniens (Galizien). Das Zinn von Cornwall war in Barren gegossen und an die Insel Ictis (vermutlich St. Michaels Mount, der eine kleine Insel bildet, und der Küste bei Marazion/Cornwall vorgelagert ist, Taf. 2a), dann entlang der Küste nach Corbilo an die Loire-Mündung transportiert worden (MUHLY 1973).

4.6 Zinn in Ägypten

In der „Altbronzezeit“, einem Abschnitt von ca. 2700-2300 v. Chr. in der III. Dynastie, erschienen die ersten Zinnbronzen mit 5,7-9,2% Zinn. Das Zinn kam auf dem Seewege von Spanien. Noch in der V. Dynastie geht diese Entwicklung zurück, die Sinai-Kupferbergwerke gehen an Naram Sin verloren.

Im ganzen mediterranen Raum endet um 2300 v. Chr. die Altbronzezeit abrupt mit der Zerstörung des altsumerischen Landes und durch den akkadischen König Sargon I. Sein Enkel Naram Sin hat auch Ägypten erobert. Erst der Zerfall des akkadischen Reiches, die Einigung Ägyptens unter Mentuhotep am Beginn des

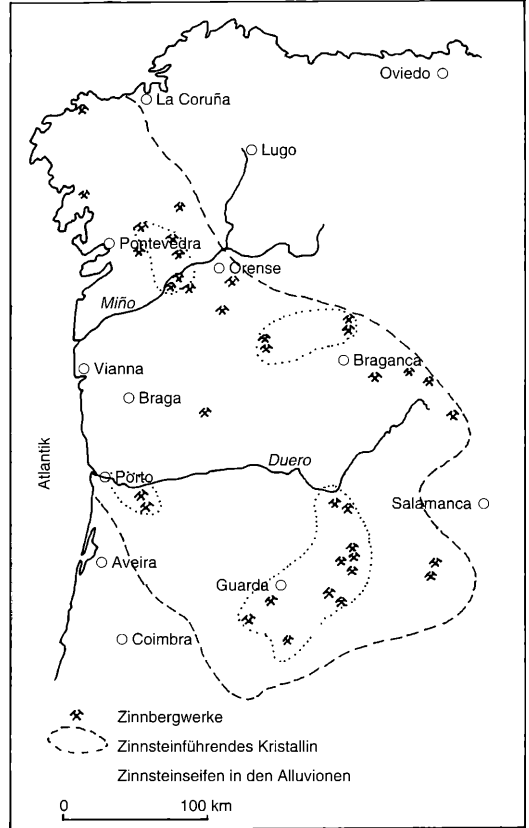


Abbildung 7 Das Zinnland in NW-Spanien und Portugal (nach QUIRING 1940)

Mittleren Reiches (XI. Dynastie) und die Wiedererstarkung der kretischen Handelsmacht machte die Erschließung und Transport des Zinns von der Iberischen Halbinsel wieder möglich (QUIRING 1940). Es gibt zwar reichlich Untersuchungen über die heute noch in Abbau befindlichen Zinnlagerstätten bei Iglá und El Mueilha der Ostwüste Ägyptens, doch kein Anzeichen über einen Abbau in der Früh- und Vorgeschichte (MUHLY 1973).

4.7 Zinn auf der Iberischen Halbinsel

In der Bronzezeit kamen gediegen Silber, Elektron, Zinnstein und Magneteisenstein aus Flußseifen. In der Mittelmeerregion gibt es nur in Mittelfrankreich und auf der Iberischen Halbinsel Zinnseifen und gleichzeitig Goldseifen. Die goldführenden Kupferlagerstätten Spaniens bei Cala und Rio Tinto sowie die in Südpotugal waren bereits in der 1. Hälfte des 3. Jahrtausends bekannt, wovon die steinernen Walzenbeile und die Kupferschlacken von El Garcel bei Almería zeugen. Von den 29 altbronzezeitlichen Metallgeräten

enthalten vier mehr als 5% Zinn. Gold wurde in NW-Spanien an den Flüssen Tajo, Duero, Sil und Miño und am Unterlauf des Duero in Portugal gewaschen; sie durchfließen auch die zinnsteinführenden Granitberge. In den Flußalluvionen östlich von Guarda und Belmonte (Portugal) sind kupfer- und bronzezeitliche Abbauwerkzeuge gefunden worden.

Die Ausdehnung der Almeria-Metallkultur förderte die Ausbeutung der Gold- und Zinnsteinseifen von Orense, Salamanca und Guarda in der ersten Hälfte des 3. Jahrtausends in Spanien (Abb. 7). Der Abbau von primären Zinnerzen in den Bergen beginnt in NW-Spanien, in der Bretagne, in Cornwall und im Erz- und Fichtelgebirge am Beginn des 2. Jahrtausends v. Chr. Es ist nicht sicher, ob das Zinnland „Anaku“ Assarhadons mit dem Zinnverladehafen Tarschisch (Tartessos, oder bei den Phönizier Gades, oder heute Cadix) identisch ist.

Das iberische Zinn war in der Spätbronzezeit und Eisenzeit ein wertvolles Ausfuhrgut. Die Etrusker legierten damit das in ihren Bergwerken in der Toskana, in Salzburg (Mitterberg) und Tirol (Kitzbühl) in großen Mengen gewonnene und in den Bronzeworkstätten von Arretium verarbeitete Kupfer. Auch die Phönizier hatten im Bronzezeitalter einen starken Zinnbedarf, da sie nicht nur Kupfererzbergwerke in Griechenland betrieben, sondern um 1000 v. Chr. auch die Kupfererz-vorkommen auf Zypern (Kypros) in ihre Gewalt gebracht hatten.

4.8 Zinn auf Sardinien

In der früheren Bronzezeit waren besonders in Europa und in Anatolien die länglich-flachen, sog. „plano-konvex“-Barren und die sog. „Ösenhalsring-Barren“ weit verbreitet (Taf. 2d). Ab dem 16. Jh. v. Chr. tauchten im östlichen Mittelmeer-Raum die sog. Ochsenhaut- oder Keftiu-Barren auf.

Auf einer ägyptischen Grabmalerei in Theben von 1450 v. Chr. sieht man auch diese Barren abgebildet (Abb. 8). Die Inschrift besagt, daß das Kupfer von „Retenu und Keftiu“, d.h. wahrscheinlich von Syrien und von Kreta, stamme. Die Form der Keftiu-Barren entstand von praktischen Erwägung heraus, denn sie waren leichter zu tragen und zu transportieren als die Rund- und Blockbarren (BUCHHOLZ 1959).

Vor der südtürkischen Mittelmeerküste bei Kaş (Ulu Burun) war im 14. Jh. v. Chr., d.h. in der Spät-Bronzezeit (1600-1050 v. Chr.) ein Handelsschiff gesunken. 200 Ochsenhaut-Barren wurden im Wrack gefunden, vor allem Kupfer, aber auch Zinn. Woher die Zinn-Barren stammen ist ungeklärt (BASS 1986). Bald tauchten die Keftiu-Barren auch im westlichen Mittelmeer, auf der Insel Sardinien auf. Dort begann zu dieser Zeit die sog. „Nuraghen-Kultur“ ihre Entwicklung (BUCHHOLZ 1980) (Abb. 9, Taf. 1 a).

Mit der Nuraghen-Kultur Sardinien (ca. 1500-500 v. Chr.) ist eine Kupfer- und Bronzeindustrie verbunden, die die Votivfiguren, die „bronzetti nuragici“, hervorbrachte (Taf. 1 b). In der Barbagia, wo zahlreiche

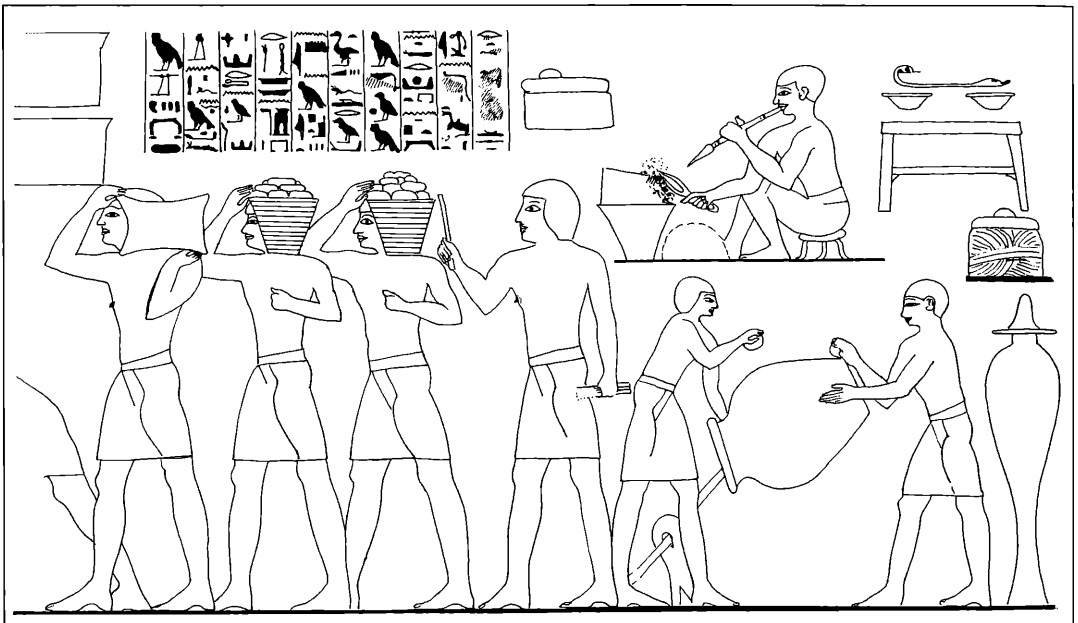


Abbildung 8. Grabmalereien (Tributdarstellungen) des obersten Metallgießers von Thutmosis III., des Vesirs Rah-mi-re in Theben aus dem Jahre 1450 v. Chr.: offener Herd, fußbetriebene Blasebälge, Ausgießen des Metalls, Ochsenhaut-Kupferbarren, kleinere, vermutlich Zinnbarren in Körben (nach GARIS DAVIES 1943). – Zeichnung: P. HENKE.



Abbildung 9. Verbreitung der Nuraghen und Bronzeindustrie-orte auf Sardinien (nach BUCHHOLZ 1980).

Nuraghenreste vorkommen, sind Spuren vom altem Bergbau und Verhüttung bekannt. In der Campidano-Ebene bei Ortu Comidu ist eine nuraghische Bronze-Gießerei ausgegraben worden. Das zerbrochene Zinnsteinerz von der spätbronzezeitlichen Schmelzstätte Forraxi Nioi bei Nuragus stammt nach CAMBI (1959) nicht aus der lokalen Quelle von Gonnas Fanadiga. Weitere Zinn-Vorkommen gibt es noch in Perda Maiori und Monte Mannu (PENHALLURICK 1986). Etruskischer und z. T. voretruskischer Bergbau auf Zinn ist in der Toskana von Campigliese, Cento Camerelle und Monte Valerio bekannt (DAVIES 1979).

4.9 Zinn in Südwestdeutschland und Nordalpen-Region

Die Anfänge der Metallurgie in der nordalpinen Region reichen in die Zeit des 4. Jahrtausends v. Chr. in das Jungneolithikum bis Chalkolithikum zurück (KRAUSE 1988, 1989). Seit dem 2. Jahrtausend wird immer

mehr Zinn, bis zu 10-15%, dem Kupfer zugemischt, und damit erreicht die Bronzemetallurgie in der späteren Frühbronzezeit eine neue Blüte, besonders die Aunjetitzer Kultur, deren Kerngebiete mit denen der Kupfervorkommen im Harz und mit denen der Zinnvorkommen im Sächsischen Erzgebirge zusammenfallen. Zwei Typen von frühbronzezeitlichen Hortfunden trifft man immer wieder in Süddeutschland (Taf. 2 c) und in der nordalpinen Zone an: die mit Ösenhalsring-Barren (Taf. 2 d) und die mit Äxten (Taf. 2 b). Spangenbarren sind im Gebiet der Donau und ihrer bayerischen Nebenflüsse verbreitet (Taf. 2 d).

Die Metallanalysen des frühbronzezeitlichen Singener Fundes zeigen relativ hohe Verunreinigungen an Antimon, Arsen, Silber und Nickel. Auch der Zinn-Gehalt zeigt eine große Variationsbreite von weniger als 0,01% bis 9%. Die armorico-britischen Dolche in Singen zeugen von den ersten Zinn-Importen, die das nördliche Vorland der Alpen erreicht haben, und von einem weitverbreiteten Kupfer-Bergbau in den Alpen.

Danksagung

Der Autor dankt Herrn Dr. K. ECKERLE vom Badischen Landesmuseum Karlsruhe für die Überlassung der abgebildeten Bronzeartefakte für die Herstellung von Fotografien.

Literatur

- GEORGIUS AGRICOLA (1494-1555): „De veteribus et novis metallis libri II“ 1546, „Bermannus, sive de re metallica“ 1530, De re metallica libri XII. – In: PRESCHER, H. (Hrsg.) (1974): GEORGIUS AGRICOLA - Ausgewählte Werke: 931 S; Berlin (VEB Deutsch. Verl. Wiss.).
- BASS, G. F. (1986): A bronze age shipwreck at Ulu Burun (Kas): 1984 campaign. – Amer. J. Archaeol., **90**: 269-297; Boston/Mass.
- BECK, R. (1909): Lehre von den Erzlagerstätten. Bd. I. – 540 S.; Berlin (Borntraeger).
- BEGEMANN, F., SCHMITT-STRECKER, S. & PERNICKA, E. (1989): Isotopic Composition of Lead in Early Metal Artefacts. Results, Possibilities and Limitations. - In: HAUPTMANN, A., PERNICKA, E. & WAGNER, G. A.: Old World Archaeometallurgy. Int. Symp. Heidelberg, 1987 – Anschnitt, Bh. **7**, 269-278; Bochum.
- BUCHHOLZ, H. G. (1959): Keftiubarren und Einzelhandel im zweiten vorchristlichen Jahrtausend. – Prähist. Z., **37**: 1-40; Leipzig.
- BUCHHOLZ, H.-G. (1980): Metallurgie. – In: Kunst und Kultur Sardinien vom Neolithikum bis zum Ende der Nuraghenzeit. – Ausstellungsführer des Badischen Landesmuseums: 142-155; Karlsruhe.
- CAMBI, L. (1959): Problemi della metallurgia Etrusca. – Studi Etruschi, **27**: 415-432; Roma.
- CIERNY, J. (1995): Die Gruben von Murchiston in Tadschikistan - Stand die Wiege der Zinnbronze in Mittelasien? – Anschnitt, **47** (1-2): 68-69; Bochum.
- DAVIES, O. (1979): Roman mines in Europe. – 291 S.; New York (Arno).
- DE GARIS DAVIES, N. (1943): The Tomb of Rekh-mi-Ré at Thebes. New York (Metropolitan Mus. Art).

- KRAFT, M. & KAMPE, A. (1994): Usbekistan. – Rohstoffwirtsch. Länderber. Bundesanst. Geowiss. Rohstoff. Hannover, **38**: 137 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- KRAUSE, R. (1988): Die Endneolithischen und frühbronzezeitlichen Grabfunde auf der Nordstadterrasse von Singen am Hohentwiel. VIII. West- und Mitteleuropäische Frühbronzezeit und Mykenä- Zur absoluten Chronologie. – Forsch. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württ., **32**; Stuttgart (Theiss).
- KRAUSE, R. (1989): Early Tin and Copper Metallurgy in South-Western Germany at the Beginning of the Early Bronze Age. – In: HAUPTMANN, A., PERNICKA, E. & WAGNER, G. A. (Hrsg.): Old World Archaeometallurgy. Int. Symp. Heidelberg, 1987 – Anschnitt, Bh. 7: 25-32; Bochum.
- MASSON, V. M. & SARIANIDI, V. I. (1972): Central Asia: Turkmenia before the Achaemenids. London.
- MOESTA, H. (1983): Erze und Metalle - ihre Kulturgeschichte im Experiment. – 189 S.; Heidelberg (Springer).
- MOMMSEN, H. (1986): Archäometrie. – 304 S.; Stuttgart (Teubner)
- MUHLY, J. D. (1973): Copper and tin. The distribution of mineral resources and the nature of the metals trade in the bronze age. – 134 S.; Hamden/Connect (Archon Books).
- MUHLY, J. D., BEGEMANN, F., ÖSTUNALI, Ö., PERNICKA, E., SCHMITT-STRECKER, S. & WAGNER, G. A. (1991): The bronze metallurgy of Anatolia and the question of local tin sources. – In: PERNICKA, E. & WAGNER, G. A. (Eds.): Archaeometry, **90**: 209-220; Basel (Birkhäuser).
- PENHALLURICK, R. D. (1986): Tin in antiquity. Its mining and trade throughout the ancient world with particular reference to Cornwall. – 271 S.; London (Institut of Metals).
- PERNICKA, E., BEGEMANN, F., SCHMIDT-STRECKER, S. & GRIMANIS, A. P. (1990): On the composition and provenance of metal artefacts from Poliochni on Lemnos. – Oxford J. Archaeol., **9** (3): 263-298; Oxford.
- PERNICKA, E., WAGNER, G. A., MUHLY, J. D. & ÖZTUNALI, Ö. (1992): Comment on the Discussion of Ancient Tin Sources in Anatolia. – J. Mediterr. Archaeol., **5** (1): 91-98; Sheffield.
- POTTS, T. (1994): Mesopotamia and the East. An Archaeological and Historical Study of Foreign Relations ca. 3400-2000 B. C. – Oxford Univ. Com. Archaeol. Mon., **37**: 330 S.; Oxford.
- QUIRING, H. (1939/40): Über die Herkunft der Kupfer-Zinn-Bronze der Altbronzezeit. – Prähist. Z., **30-31**: 396-403; Leipzig.
- SCHAUER, P. (1984): Spuren minoisch-mykenischen und orientalischen Einflusses im atlantischen Westeuropa. – Jb. römisch-germanisch. Zentralmus. Mainz, **31**: 137-186; Mainz.
- STEMPROK, M. (1980): Tin and tungsten deposits of the West-Central European Variscides. – In: RIDGE, J. D. (Ed.): Proc. Fifth Quadr. IAGOD Symp. Snowbird/Utah1978: 495-512; Stuttgart (Schweizerbarth).
- STRABO (Um 50 n.Chr.): Geographica.
- TREJSTER, M. J. (1996): Die trojanischen Schätze. – In: TOLSTIKOW, W. P. & TREJSTER, M. J.: Der Schatz aus Troja. Schliemann und der Mythos des Priamos-Goldes.: 197-236; Stuttgart (Belsler).
- WEISGERBER, G. & CIERNY, J. (1999): Der prähistorische Zinnbergbau in Zentralasien. – In: 3. Deutscher Archäologenkongreß 25.-30. Mai 1999, Heidelberg, "Archäologie - Naturwissenschaften - Umwelt" (im Druck).
- WOLFART, R. & WITTEKINDT, H. (1980): Geologie von Afghanistan. – Beitr. Region. Geol. Erde, **14**: 500 S; Stuttgart (Borntraeger).