Das Schiff von Uluburun. Welthandel vor 3000 Jahren, Katalog der Ausstellung des Deutschen Bergbaumuseums Bochum vom 15.07.05-16.07.06, Hrsg.: Unsal Yalcin, Bochum 2005

Zinn in und aus Mittelasien

Jan Cierny, Thomas Stöllner & Gerd Weisgerber

Die Rolle des erzreichen Anatoliens für die Geschichte der Metallurgie kann gar nicht überschätzt werden (Yalçın 2000; 2002; 2005). Dies wird besonders durch die Produktion und Nutzung des Eisens im 2. Jt. v. Chr. in Anatolien unterstrichen, Eisen drängt die Buntmetalle und ihre Legierungen etwas in den Hintergrund. Der Wert der Edelmetalle bleibt bestehen, ja er wird im 1. Jt. v. Chr. durch die Erfindung des gemünzten Geldes maßgebend.

Vor 3000 v. Chr. sind bereits alle wichtigen Metalle (Kupfer, Blei, Gold, Silber) bekannt, außer dem Zinn. Es konnte in der nachfolgenden Zeit also kaum mehr darum gehen, neue Metalle zu entdecken, sondern „nur“ noch darum, die erkannten schwachen Eigenschaften der bekannten Metalle zu optimieren. So war gerade das Kupfer für manche Zwecke zu weich, es ließ sich auch nicht besonders gut gießen. Wahrscheinlich aufmerksam geworden durch unterschiedliche Qualitäten des Kupfers, je nach Herkunft und unterschiedlichen natürlichen Beimengungen, begann man mit Zusätzen zu experimentieren – und hatte einen epochalen Erfolg (Yalçın 2000; 2003). Es zeigte sich nämlich, dass sich durch die Beimengung von Zinn zu Kupfer sowohl Härte als auch Gießverhalten entscheidend verbessern ließen. Diese Kupfer-Zinnlegierung – optimal bei 90% Kupfer und 10% Zinn – wird seit etwa 500 Jahren Bronze genannt. Schon früher riefen Produktion und Metallurgie der Bronze so viele technische und gesellschaftliche Veränderungen hervor, dass die Archäologie eine Epoche danach benannte, die „Bronzezeit“.

Seit der Mitte des 3. Jt. v. Chr. bestehen im Alten Orient, besonders in Mesopotamien und Anatolien, Metallfunde wie Geräte, Waffen und Schmuck immer häufiger aus Bronze (Pernicka 1995; 1998). Auch monumentale Herrscher- oder Götterfiguren ließen sich aus dieser Metalllegierung gießen. Da entsprechende Metallzusammensetzungen seit den ersten Analysen vor über 130 Jahren, erst recht aber seit der Einführung der Spektralanalytik in den 1920er Jahren bekannt sind, stellte sich immer drängender die Frage nach der Herkunft der beiden Metalle Kupfer und Zinn. Kupfer konnte damals aus zahlreichen Quellen stammen; es kamen dafür Anatolien, der Kaukasus, aber auch die Lagerstätten Irans (Stöllner *et al*. 2004) und Arabiens als Lieferanten in Frage. Analytisch und archäologisch konnte in den vergangenen 20 Jahren das heutige Sultanat Oman als das Kupferland „Magan“, wie es in sumerischen Keilschrifttexten heißt, identifiziert werden. Aber für die vier anderen genannten Regionen haben analytische Forschungen gerade erst begonnen, weshalb sie naturwissenschaftlich noch nicht im Fundgut des Zweistromlandes bestätigt werden können. Sie kommen aber dennoch als Lieferanten in Frage, da zu dieser Zeit auch in diesen Regionen das Metall Kupfer in großem Umfang aus Erzen erschmolzen worden war.

Die 120 Jahre alte Diskussion zur Herkunft des Zinns im Allgemeinen (Penhallurick 1986) und im Alten Orient im Besonderen erhielt durch die seit den 1960er Jahren gefundenen Zinnbarren von untergegangenen bronzezeitlichen Frachtern im Mittelmeer eine völlig neue Dringlichkeit. Vor Haifa waren quaderförmige Zinnbarren mit Schriftzeichen und bildlichen Darstellungen aus dem Meer geborgen worden (Artzy 1983; Galili & Shmueli 1983; Maddin 1989). Besonders galt dies aber seit dem sensationellen Wrackfund von Uluburun vor der südwesttürkischen Küste aus der Zeit kurz vor 1300 v. Chr. Das Schiff hatte mehr als 350 Kupferbarren (10 t) und ca. 40 Zinnbarren (1 t) geladen. Woher stammt dieses Zinn? Woher kam überhaupt das frühe mesopotamische Zinn des 3. Jt. v. Chr. (Charles 1975; Muhly 1973; 1985)? Auch für das 2. Jt. v. Chr. ist noch nicht geklärt, woher das verschiffte

Abb. 1: Zinnlagerstätten und prähistorische Zinnbergbaureviere in Europa und einem Teil Asiens (J. Cierny, DBM).

Zinn stammte, es war jedoch reichlich verfügbar und wurde in großen Mengen über weite Entfernungen verhandelt.

Auskunft sollte darüber von der Geologie und der Lagerstättenkunde erwartet werden können. Aber im Alten Orient, also in der Türkei, in Palästina, Ägypten, Arabien und Iran, kommen so genannte Zinnseifen nicht oder nur selten vor (Abb. 1). Zinnlagerstätten, auf die derartige sedimentäre Lagerstätten zurückgehen könnten, sind kaum bekannt. Ein mögliches Zinnbergwerk im Taurusgebirge in der südöstli-

Abb. 2: Ähnlich wie diesen Getreide- und Petroleum-Transport bei Zarshuran in Iran 1978 ist auch der Zinnhandel durch Eselskarawanen im 3. Jt. v. Chr. vorstellbar (G. Weisgerber, DBM).

chen Türkei kann kaum den gesamten Orient versorgt haben[1]. Woher also bezog Mesopotamien das Zinn für seine so zahlreichen Bronzegegenstände?

Seit den 1970er Jahren haben geologische Landesaufnahmen in Afghanistan einige sedimentäre Zinnvorkommen entdeckt. Die Archäologie begann sich damit abzufinden, dass das Zinn möglicherweise von dort via Iran in den Westen gebracht worden war (Stech & Pigott 1986). Kriege und Bürgerkriege in diesem Land verhinderten aber jede weitere Forschung. Immerhin existiert von Strabo eine Notiz, dass es in der Drangiana nichts Besonderes gäbe außer Zinn (Strabo XV. 2. 10).

Muss also schon die Geologie bei der Beantwortung dieser Frage passen, so sieht es nach der Auswertung altorientalischer keilschriftlicher Quellen nicht besser aus. Zwar wird im 3. Jt. v. Chr. Meluhha/Indien als Zinnlieferant für das Zweistromland genannt, jedoch hat Indien selbst kaum Zinn. Zu Beginn des 2. Jt. v. Chr. werden durch Eselskarawanen (Abb. 2) große Mengen Zinn aus Mesopotamien nach Syrien und Anatolien geliefert, es bleibt aber weiterhin rätselhaft woher es die damals dort herrschenden Assyrer hatten und woher es in dem Jahrtausend vorher kam (Derksen 2005, bes. 19 ff.).

Die Metallurgie des Zinns setzt die Kenntnis der Erzreduktion voraus, da metallisches Zinn gediegen kaum vorkommt. Der Prozess der Zinnerzreduktion ist in kleinen Öfen leicht durchzuführen, wie ethnographische Beispiele zeigen. Als zu reduzierendes Erz kommt dafür hauptsächlich Kassiterit (SnO_2) in Frage. Kassiterit wurde und wird noch heute vorwiegend aus Sedimentlagerstätten (Seifen) ausgewaschen. Derartige Lagerstätten sind aber – vom Orient aus gesehen – erst in Hinterindien vorhanden: Malaysia und Thailand gehören noch heute zu den größten Zinnproduzenten der Welt.

Das Ziel eines von der VW-Stiftung geförderten Projekts der 1990er Jahre bestand darin, das lagerstättenkundliche Potential Usbekistans und Tadschikistans im Hinblick auf die frühe Ausbeutung der Zinnvorkommen zu untersuchen. Neben den geologischen Gegebenheiten sollten sowohl die bergmännische Ausbeutung der Lagerstätten als auch die siedlungsarchäologischen Hinterlassenschaften der Bergbau-Reviere überprüft werden. Dazu schlossen sich unter Federführung des Eurasien-Instituts des Deutschen Archäologischen Instituts, der Lehrstuhl für Archäometallurgie der Bergakademie Freiberg und das Institut für Montanarchäologie des Deutschen Bergbau-Museums Bochum zusammen, um mit dem Archäologischen Institut Samarkand der Akademie der Wissenschaften der Republik Usbekistan (Taschkent) und dem Institut für Geschichte, Archäologie und Ethnologie der Akademie der Wissenschaften der Republik Tadschikistan (Duschanbe) gemeinsam an der Lösung dieser Probleme zu arbeiten. In den letzten Jahren sind die Forschungen erneut aufgenommen worden: Durch Unterstützung der Gerda-Henkel-Stiftung konnte der Fachbereich Montanarchäologie des DBM zusammen mit dem Institut für Archäologie Almaty/Kasachstan die Fragestellung erneut aufgreifen und in Ostkasachstan den dortigen reichen Lagerstätten und ihrer alten Nutzung nachspüren.

Zinn in Usbekistan

Der russische Archäologe Litvinskij hatte 1950 von anscheinend vorgeschichtlichen Zinnbergwerken in Mittelasien berichtet, eine Nachricht, die im Westen nahezu unbeachtet blieb (Litvinski 1950; 1954). Aber bronzezeitliche Funde Mittelasiens, vor allem des Bactria-Margiana-Archaeological Complex (BMAC: Sarianidi 1977; Hiebert 1994; Tosi & Lamberg-Karlovsky 2003), zeugen von einem weiten Netz von Fernbeziehungen. Seit dem 3. Jt. v. Chr. bezeugen mittelasiatische Kämme und südostiranische Steatitgefäße in den Vereinigten Arabischen Emiraten die weit reichenden und wechselseitigen Beziehungen (zuletzt Kohl 2004). Sie hängen vermutlich mit bestimmten, dort heimischen Rohstoffen zusammen. So wird z. B. seit langem das Lapislazuli-Vorkommen von Badakhschan in Nordostafghanistan,

Abb. 3: Schier endlos dehnt sich die Steppe bei Karnab aus, in der sich die bronzezeitlichen Zinnbergwerke befinden (J. Cierny, DBM).

nahe der Grenze zu Tadschikistan, als Ursprung der Funde dieses Schmucksteins in Iran, Mesopotamien, Anatolien und Ägypten angesehen. Dieser extreme Fernhandel über mehr als 4000 km Luftlinie scheint bereits im 4. Jt. v. Chr. begonnen zu haben (zuletzt zusammenfassend Weisgerber 2004). Die Wege dieser weit reichenden Verbindungen, die Mittelasien seit frühester Zeit durchziehen und die Kulturräume von Troia über Abu Dhabi bis nach Afghanistan miteinander verbinden, liegen durch die starke naturräumliche Gliederung der Landschaften seit jeher fest. Unsere Forschungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass die mittelasiatischen Zinnlagerstätten in der Bronzezeit ausgebeutet worden waren und Zinn, neben Lapislazuli, ein wichtiger Exportfaktor gewesen sein könnte.

In Usbekistan liegen die wichtigsten Zinn führenden Berge zwischen Samarkand und Buchara beim Dorf Karnab in einer flachhügeligen, halbwüstenartigen, mit Wermut-Büschen bestandenen Landschaft (Abb. 3). Der Bereich mit alten Gruben erstreckt sich in Karnab über ein Areal von ca. 1500 m Länge und 500 m Breite auf einer Höhe zwischen ca. 450 und 500 m über ü.d.M. (Alimov *et al*. 1998; 1999; Boroffka *et al*. 2003).

Die Erzgänge streichen W-O und haben eine Mächtigkeit von 0,4 bis 1,2 m. Sie reichen bis in eine unbekannte Tiefe und waren an der Oberfläche in den Granitfelsen, mit denen sie genetisch verbunden sind, als helles Band leicht zu entdecken. Zinn kommt hier in Form des Minerals Kassiterit (Zinnstein, SnO_2) vor allem in Quarzgängen vor. Die Gänge stehen sehr steil bis senkrecht (Abb. 4). Die Mächtigkeit der

Abb. 4: Steil steht der ausgebeutete Erzgang der Grube Karnab 5.1 (G. Weisgerber, DBM).

Abb. 5: Mühselige Freilegung des über 3000 Jahre alten Bergwerks Karnab 5,1 (J. Cierny, DBM).

Zinnerz führenden Gangteile übersteigt selten einen Meter, die eigentliche Mineralisation selten 5 bis 10 cm. Im Zuge der Lagerstättenbildung wurde der Granit im Kontaktbereich der Gänge zwar etwas mürber, was der bergmännischen Arbeit ein wenig entgegen kam, letztendlich aber war sie dennoch unbeschreiblich hart.

Ausgrabungen ergaben, dass es sich um Abbauschürfe handelt, welche dem Erz in den am Tage ausbeißenden Gängen in die Tiefe folgten (Abb. 5). Die Abbaue richten sich nach der Gangmächtigkeit und sind deshalb oft sehr schmal (Weisgerber & Cierny 1999; 2002; Cierny & Weisgerber 2003). Manche Abbauhohlräume sind so eng, dass auch in der Vorzeit kein erwachsener Mann darin hätte arbeiten können, Kinder- und Frauenarbeit müssen daher vermutet werden. Für heutige Mitteleuropäer sind die Gruben nur mit großer Mühe zu befahren, dabei mit schwerem Werkzeug zu arbeiten, ist kaum vorstellbar. Da sämtliche Gruben zusedimentiert sind, waren die Untersuchungsbaue der sowjetischen Geologen eine große Hilfe bei der Entdeckung und dem Zugänglichmachen der alten Baue. Einige wurden Eimer für Eimer frei geräumt. Dabei waren die von den Alten zur Sicherheit stehen gelassenen Bergfesten besonders interessant, weil sie noch das ursprüngliche Erz enthielten. Werte von 2 % Zinn wurden gemessen. Die meisten Gruben konnten nicht vollständig aus-

Abb. 6: Schachtähnlich sind die Zugänge zu den abgebauten Erzgängen der Grube Karnab 5.5-III, an der Firste rechts Schwarzfärbung durch den Qualm des Feuersetzens (G. Weisgerber, DBM).

gegraben werden, da jeweils nach 9-17 m Teufe das Grundwasser anstand. Lediglich in einem Bau von nur 7 m Teufe wurde die Sohle erreicht. Sie ist unregelmäßig und uneben. Es wurde nur dort geteuft, wo das harte Gangmaterial Erz enthielt und dieses herein gewonnen werden konnte. Taubes Gangmaterial blieb stehen. Nur an manchen Stellen konnten Fahrhilfen wie Trittlöcher oder Stufen beobachtet werden. Zum Vortrieb wurde die Feuersetzmethode eingesetzt (Abb. 6). Dabei wird das anstehende Gestein mittels Feuers so sehr erhitzt, dass es durch die entstehenden Spannungen rissig wird und dann abgeschlagen werden kann. Dabei kamen hauptsächlich schwere Schlägel aus Kalkstein zum Einsatz (Abb. 7). Auf die sonst im prähistorischen Bergbau üblichen Schlägel aus Geröllen konnte hier nicht zurückgegriffen werden, da es in der Steppe kaum Gerölle gibt.

Die fast vollständig ausgegrabene Grube 6.1 ist 30 m lang, erreicht heute in 17 m Teufe das Grundwasser und mag ehedem bedeutend tiefer gewesen sein (Abb. 8-10). Bei einer durchschnittlichen Breite von 60 cm hat sie einen Hohlraum von 270 cbm, was etwa 730 t Gestein entspricht. Unter der Voraussetzung einer Erzmächtigkeit von nur 5 cm, können mindestens 60 t Erz errechnet werden. Bei 2% Zinngehalt lieferte diese Grube etwa eine Tonne Zinn. Das entspricht zufällig genau der Zinnmenge des Uluburun-Schiffs. So gibt eine derartige Feststellung eine gute Vorstellung von den großen Metallmengen, um die es hier geht und die in diesem Revier produziert wurden. Die in Karnab für den Bergbau ermittelten Zeitansätze entsprechen teilweise der gleichen Zeit wie das berühmte Wrack, nämlich der 2. Hälfte des 2. Jt. v. Chr. Die Aufgabe bleibt bestehen, den Zusammenhang zwischen dem Zinn des Schiffs und dem der Bergwerke zu belegen. Aber von keiner anderen Zinnquelle im Osten ist deren Ausbeutung in der fraglichen Zeit bekannt. An Lagerstätten

Abb. 7: Zahlreich sind die aus den einzelnen Schichten der Grube Karnab 6.1 geborgenen Steinschlägel aus Kalkstein, mit denen die bronzezeitlichen Bergleute das Erz abbauten (G. Weisgerber, DBM).

Abb. 8: Der Erzgang der Grube Karnab 6.1 erstreckte sich über 30 m Länge (J. Cierny, DBM).

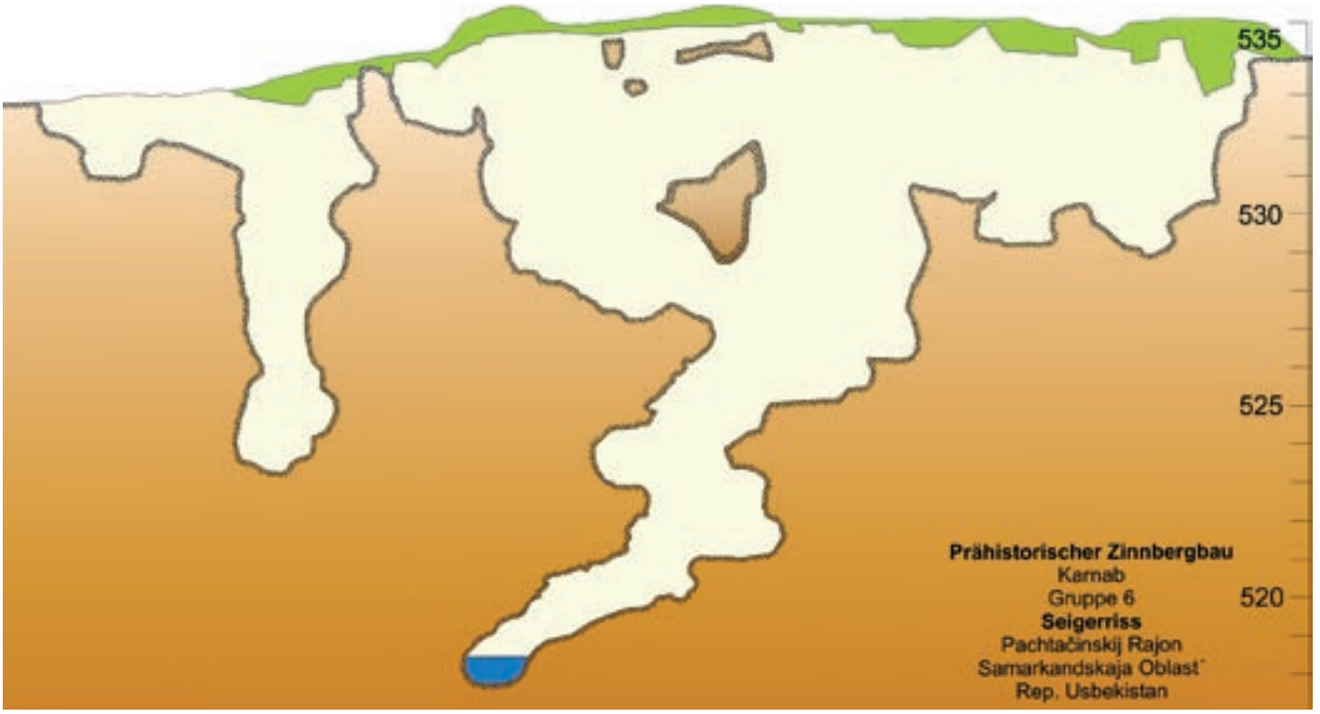
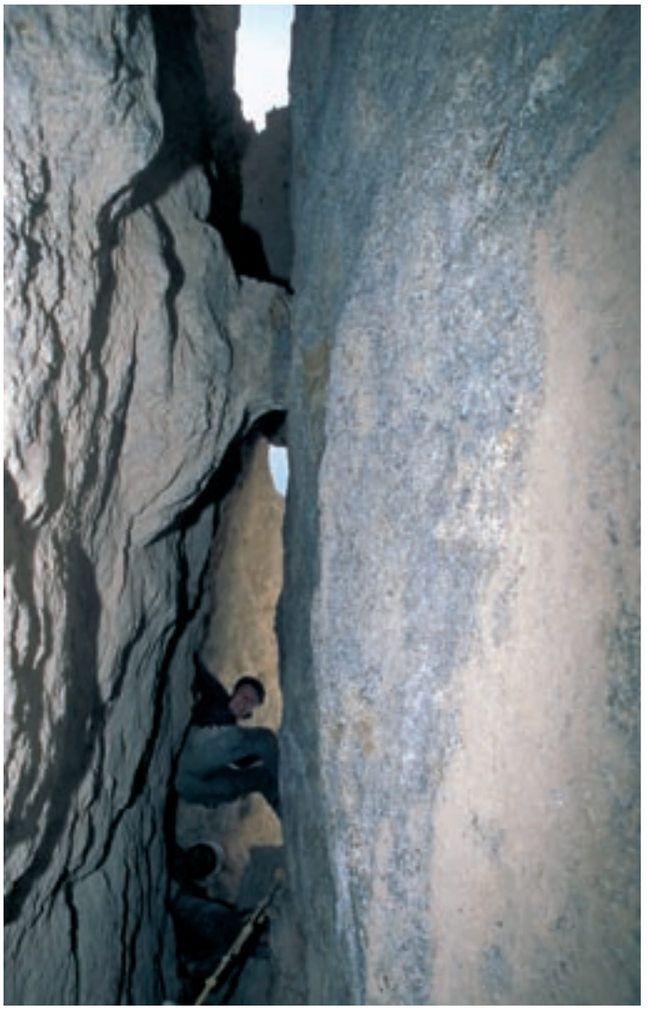


Abb. 9: Seigerriss durch die Gruben Karnab 6.1 (G. Steffens, DBM).

Abb. 10: Fast senkrecht steht der Gang der Grube Karnab 6.1. Deutlich ist der ca. 5 cm starke Erzgang im waagerechten Sicherheitspfeiler zu sehen, ebenso die vom Feuersetzen herrührenden Rundungen an den Stößen (J. Cierny, DBM).



im Westen, wie Sächsisches und Böhmisches Erzgebirge oder gar Iberische Halbinsel bzw. Cornwall ist in diesem Zusammenhang nicht zu denken.

Es ist von besonderem Reiz, dass in der Steppe, am Rande der Lagerstätte, auch eine Siedlung der Bergleute entdeckt und ausgegraben werden konnte (Abb. 11). Zunächst fand sich die gleiche Keramik der Andronovo-Kultur wie in den Bergwerken. In Grubenhäusern und Herdstellen gab es kleine Metallfunde. Vor allem waren es aber die für Karnab so typischen Kalksteinschlägel mit zwei Rillen, welche eine direkte Beziehung zum Bergbau herstellten (Parzinger & Boroffka 2003). Hier lebten die gleichen Leute, die in den Bergwerken arbeiteten. Dies ist überhaupt erst der zweite Fall in der west- und mittelasiatischen vorgeschichtlichen Montanarchäologie, dass ein direkter Bezug zwischen Siedlungen und Bergwerken hergestellt werden konnte, obwohl sie räumlich getrennt waren. Das andere Beispiel ist etwa 2000 Jahre älter und bezieht sich auf die Gewinnung von Kupfer im Wadi Fenan in Westjordanien (Hauptmann 2000).

Das Zinnerz-Revier in der Steppe bei Karnab ist aber nicht das Einzige Usbekistans. In der Nachbarschaft liegen die Gruben von Lapas, eine große Karsthöhle, die mindestens teilweise auf den Bergbau zurückgeht. Die Gruben von Čangali ziehen

Abb. 11: In der Siedlung Karnab-Sičkonči lebten die Bergleute nicht nur, sie bereiteten sich auch auf ihre schwere Arbeit in den Gruben vor, indem sie sich die Werkzeuge herstellten, aber auch Metalle schmolzen (G. Weisgerber, DBM).

sich den Hang eines Granitbergs hinauf und setzen sich auf der Höhe fort. Sie gleichen mit ihren senkrechten Erzgängen und Abbauen denen von Karnab, müssen sich allerdings dem steileren Gelände anpassen.

Montanarchäologische Untersuchungen in Usbekistan aus Karnab, Lapas und Čangali haben ergeben, dass sich prähistorischer Zinnerzbergbau für das 2. Jt. v. Chr., und damit für die mittlere Bronzezeit, mit Sicherheit nachweisen lässt. In allen Fällen haben die Gewinnungsarbeiten einen alle Erwartungen übertreffenden großen Umfang gehabt. Zukünftige Forschungen werden hoffentlich noch ältere Abbausysteme erbringen, welche eine sicherere Antwort auf die Frage nach den Zinnquellen der frühen Bronzezeit des Alten Orients geben können.

Abb. 12: Blick zurück ins Seitental des Zerafshan beim Aufstieg zu den Gruben von Muschiston (G. Weisgerber, DBM).

Zinn in Tadschikistan

Die usbekischen Zinnerzlagerstätten sind bei weitem nicht die einzigen in Mittelasien. Auch in den westlichen Ausläufern des Pamir-Alai Gebirges gibt es Zinnlagerstätten. Von den ehemals zahlreichen bergmännischen Hohlräumen, in einer Höhe von 3000 m am Hang des Berges Muschiston über dem Tal des Zerafšan (Abb. 12), konnten jedoch nur noch wenige beobachtet werden, da fast alle den Bulldozern der sowjetischen Prospektoren zum Opfer gefallen waren (Abb. 13).

Jene haben zudem tiefe Stollen angelegt. Dort, wo sich die rezenten Stollen der Hangoberfläche näherten, haben sie mehrfach prähistorische Grubenbaue angeschnitten, so dass diese durch die neuen Stollen zugänglich geworden sind. Vor Beginn der Ausgrabungen waren also alte Gruben sowohl an der Oberfläche als auch in 35 m Tiefe im Berg bekannt (Abb. 14). Die Untersuchungen bestätigten sowohl durch archäologische Funde als auch durch naturwissenschaftliche Datierungen das bronzezeitliche Alter der Gruben. Dabei ergab sich logischerweise, dass die Gruben in der Hangoberfläche älter sind als die im Berg angetroffenen Bergwerksteile. Diese erreichen ansehnliche Ausmaße mit schräg einfallenden Abbauerweiterungen von bis zu 10 m Länge und 6 m Breite (Abb. 15). Bei so großen Hohlräumen war eine zusätzliche Unterstützung der Firste dringend geboten. Dies konnte erreicht werden, indem Gebirgspfeiler stehen gelassen wurden, aber auch durch hölzerne Stempel. Glücklicherweise haben sich einige Ausbaustempel aus der Zeit um 1500 v. Chr. bei den gleichenbleibenden Temperaturen im Berg (6° C) gut erhalten. Einer davon stand noch aufrecht an seinem Platz (Abb. 16).

Auch in Muschiston haben schwere steinerne Rillen- und Kerbschlägel zum Zermalmen des Gesteins gedient. Wenn auch der den Berg bildende Schiefer nicht so hart war, dass er durch Feuersetzen hätte mürbe gemacht werden müssen, so waren doch die Erz führenden Quarzgänge im Schiefer extrem hart. Hauptmineral ist Zinnkies (Stannit, Cu_2FeSnS_4), der in der Oxidationszone u. a. mit den Kupfererzen Malachit

Abb. 13: Der Berg Muschiston, an dem sich in fast 3000 m Höhe die bronzezeitlichen Bergwerke befinden, die teilweise den überaus deutlichen Prospektionsarbeiten sowjetischer Geologen zum Opfer fielen (G. Weisgerber, DBM).

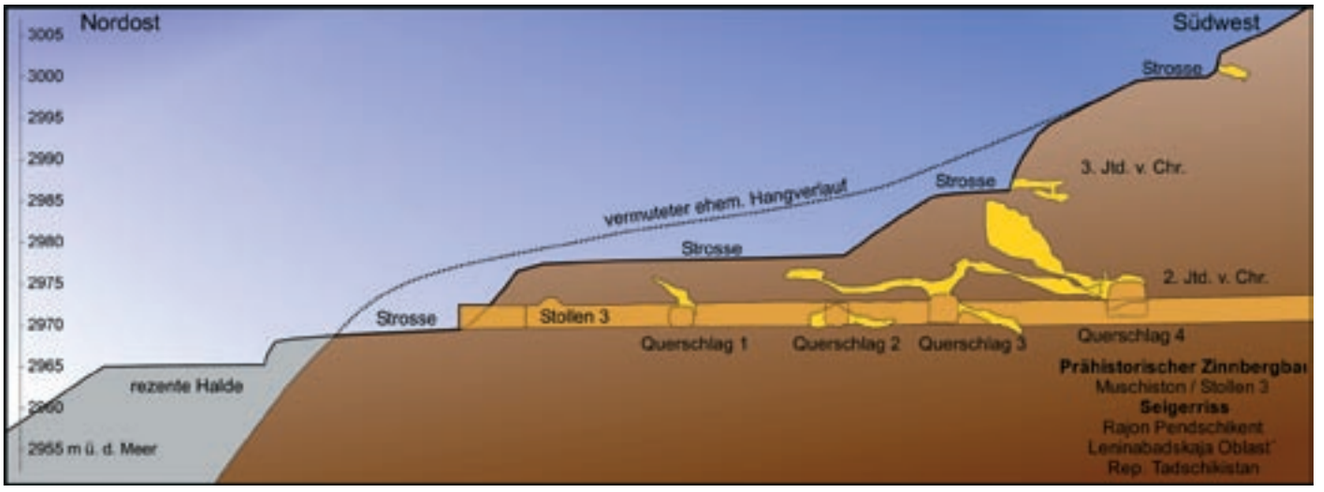


Abb. 14: Muschiston, Seigerriss durch den Berg mit den modernen Stollen und den bronzezeitlichen Abbauen vom Tage her (G. Steffens, DBM).

und Azurit vergesellschaftet ist. Daneben gibt es das Zinnmineral Muschistonit $(Cu,Zn,Fe)Sn(OH)_6$, das hier entdeckt und nach der Lagerstätte benannt wurde (Cierny 1995). Alle befahrbaren alten Grubenbaue sind in dieser Oxidationszone angelegt. An der Schichtgrenze von Kalk zu Schiefer befand sich eine Reicherzzone, in der besonders der alte Bergbau umging. Das Erz ist hier in einen weißen Quarz eingelagert, der Mächtigkeiten von wenigen Zentimetern bis zu einem halben Meter ausbildete. Das Zinnerz Kassiterit zeichnet sich darin als kleine schwarze Flecken ab. Das Besondere der Lagerstätte von Muschiston ist aber, dass das Zinnerz mit Kupfererzen vermengt ist. Da dieses sich durch Verwitterung und

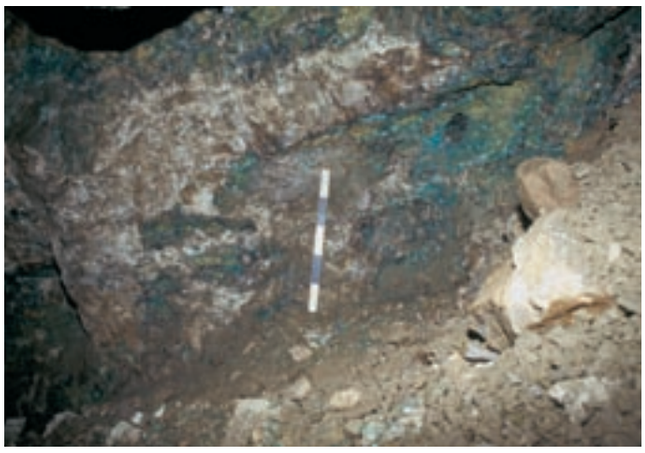
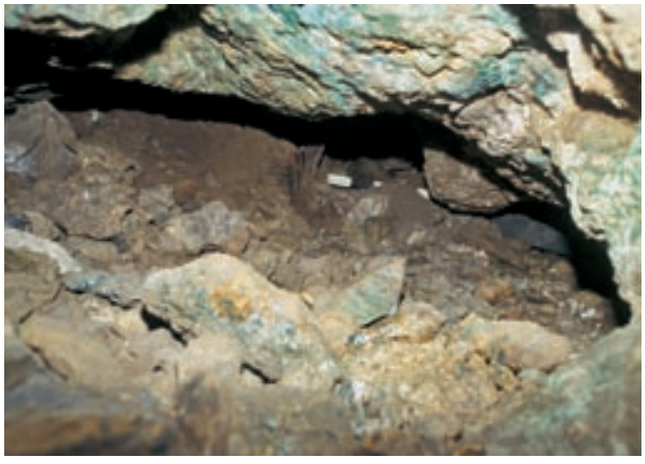


Abb. 15: Mächtiger heller Quarzgang mit grünen Kupfer- und gelbgrünen Zinnerzen in Muschiston in Stollen 3, Querschlag 4 (G. Weisgerber, DBM).

Oxidation grün und gelb verfärbt hat, sind und waren beide Erze im Quarz nicht zu übersehen.

Es ist nur schwer vorstellbar, wie in der Bronzezeit Zinn- und Kupfererze getrennt worden sein sollen; daher wird es wohl so gewesen sein, dass beide Erze zusammen verhüttet wurden. Dann wäre das Kupfer lagerstättenbedingt mit dem gleichfalls im Erz enthaltenen Zinn im Schmelzofen bei der Verhüttung legiert worden. Die Kupfer-Zinn-Legierung Bronze wäre dann unter Umständen zufällig entdeckt worden. Diesen alternativen Ansatz zur Entdeckung der Bronze im 3. Jt. v. Chr. hatte bis dahin noch niemand ins Gespräch gebracht, da das Mischerz von Muschiston sowohl sehr selten als auch nirgends sonst Lagerstätten bildend vorkommt. Bei Schmelzversuchen mit dem „Bronzeerz“ von Muschiston an der Bergakademie Freiberg wurde in der Tat eine Bronze erschmolzen. Kam die Kenntnis der Bronze tatsächlich aus den tadschikischen Bergen? Zur Beantwortung dieser Frage muss noch viel archäologische Grundlagenforschung geleistet werden.

Abb. 16: Der in Muschiston in Stollen 3, Querschlag 4 noch aufrecht stehende Stempel datiert in die Zeit um 1600 v. Chr. (G. Weisgerber, DBM).



Zinn in Ostkasachstan

Weiter nach Nordosten und an die Grenzen der mittelasiatischen Steppen- und Waldsteppenlandschaften in Richtung Zentralasien, sind es vor allem die Zinnlagerstätten Ostkasachstans, die aktuell die Aufmerksamkeit der modernen Forschung auf sich lenken. Es hatte sich durch verschiedene Analysenserien herausgestellt, dass sich insbesondere älteste Zinnobjekte Vorderasiens in der zweiten Hälfte des 3. Jt. v. Chr. sowie im frühen 2. Jt. v. Chr. mit sehr alten Lagerstätten verbinden lassen (Pernicka 1998, bes. 144). Alte Orogenesen lassen sich vor allem auch für die Zinnlagerstätten der so genannten Kalba-Narym-Zone im Osten Kasachstans herausstellen. Sollte also hier ein Schlüssel für die Frühphase der Bronzemetallurgie vorliegen?

Kasachstan befindet sich im östlichen Mittelasien, im Zentrum des eurasischen Kontinents. Seine Fläche beträgt 2,7 Mio. km^2 das Land ist damit etwa 7,5 mal so groß wie Deutschland. Nur der äußerste Norden Kasachstans befindet sich in der Zone der westsibirischen Waldsteppe, der Rest des Landes besteht aus Hochgebirge, Steppe oder Wüste. Ein einziger großer Fluss, der Irtysch, kommt von Südosten aus China und entwässert mit seinen Zuflüssen das Gebiet in nordwestlicher Richtung. Aufgrund seines Reliefs können im erzreichen Vorfeld des Altaigebirges folgende Regionen unterschieden werden: ein waldsteppenartiges Flachland im Nordwesten und eine Rumpfgebirgslandschaft mit Steppenvegetation im Westen. Daran schließen sich nach Osten und Nordosten die Bergketten des Kalba-Bergrückens mit Höhen von 400 bis zu 1500 m ü. d. M. an. Nördlich bzw. nordöstlich des Irtysch liegt das Gebirgsvorland Rudnyj Altai (Erz-Altai), das von West nach Ost allmählich von 600 m über ü. d. M. bis auf 2700 m an der Grenze zum Bergaltai ansteigt (Abb. 17).

Der Altai und seine angrenzenden Gebirgsrücken zählen zu den großen Lagerstättengebieten Zentralasiens und befinden sich im Grenzraum von Kasachstan, Russland (Sibirien),

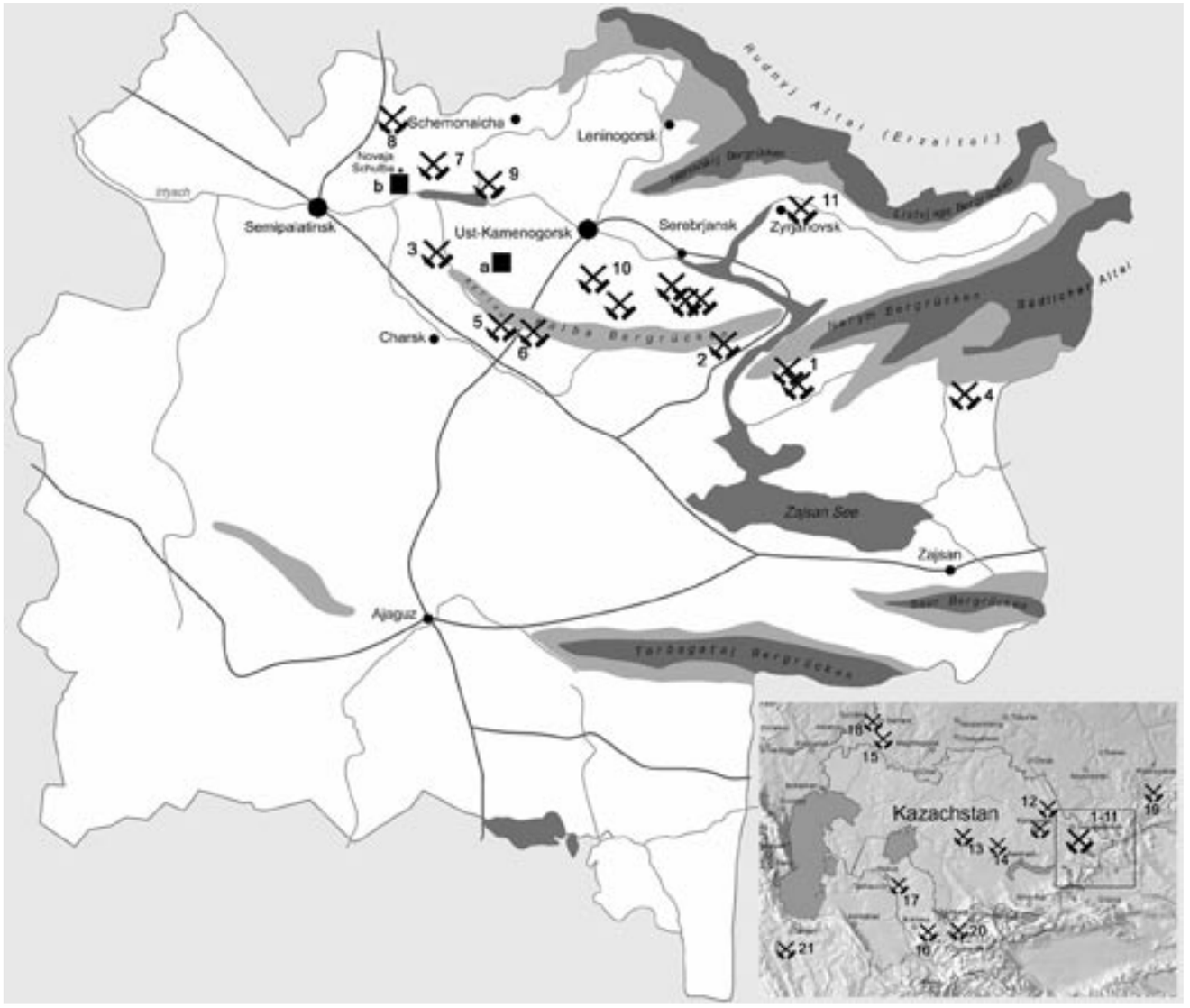


Abb. 17: Karte zum prähistorischen Kupfer- und Zinnbergbau in Mittel- und Zentralasien bzw. in Oblast Vostočnyj Kazachstan: 1. Čerdojak (Sn), 2. Čudskoje (Sn), 3. Delbegetej (Sn), 4. Karčiga (Cu), 5. Kazančunkur (Au,), 6. Mynčunkur (Sn), 7. Nikolaewskoje (Cu), 8. Orlowskoje (Cu), 9. Ubinskoe (Sn), 10. Urumchaj (Sn), 11. Zyrjanowskoe (Cu). Kleine Karte: 12. Bozschakol (oblast Pavlodar) (Cu), 13. Dschezkazgan (Cu), 14. Kenkazgan (Cu), 15. Kargaly (Cu), 16. Karnab/Čangali (Sn), 17. Kyzylkum (Cu), 18. Michailovo (Cu), 19. Minusinsk (Cu), 20. Muschiston (Sn), 21. Veshnāveh (Cu, Iran); Quadrate: Besuchte bronzezeitliche Siedlungen mit Metallverarbeitung bzw. metallurgischen Resten: a. Ayrtau; b. Nowaja Schulba (G. Steffens, DBM).

China und der Mongolei. Dieses Gebiet stellt sich als kulturelle Kontaktzone zwischen dem ostasiatisch-chinesischen und dem eurasischen Raum dar. Die kulturellen Einflüsse trafen sich hier zu manchen Zeiten besonders intensiv, z. B. in der skythischen Epoche, aus der reich ausgestattete Kurgangräber (Pazyryk, Tuva/Aržan, Berel) bekannt geworden sind (Parzinger *et al*. 2001). Vor allem im Westaltai verband sich die nomadische Wirtschaftsweise mit der Gewinnung mineralischer Rohstoffe. Noch bis ins 18. Jh. n. Chr. gibt es ethnographische Zeugnisse für einen einfachen „Nomaden-Bergbau“ (Tschuden-Bergbau) in den Waldsteppenregionen Ostkasachstans.

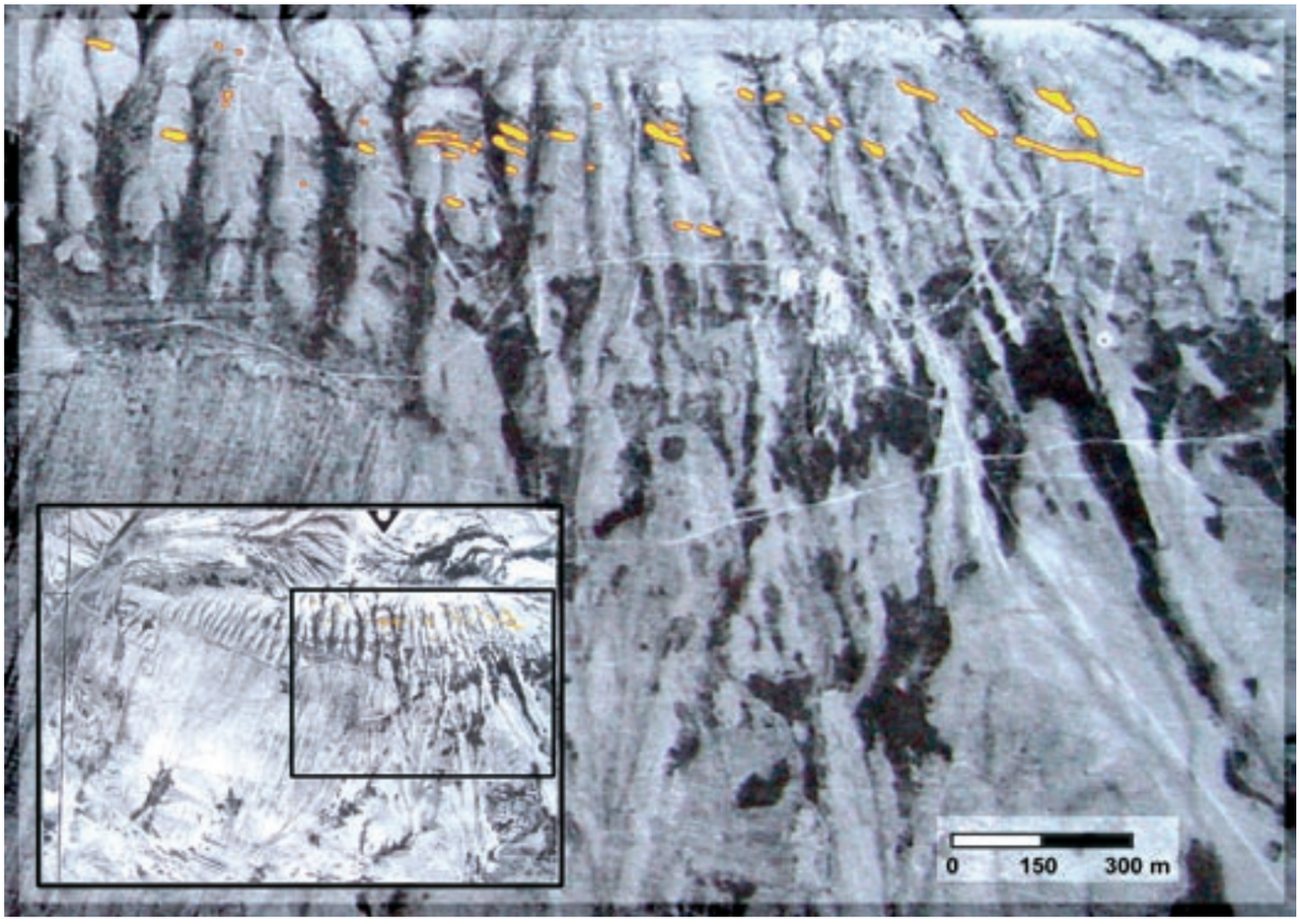
In diesen Gebirgsregionen finden sich aufgrund der unterschiedlichen geologischen Entstehung auch verschiedene Lagerstättentypen, die zu einem höchst komplexen und vielfältigen Erzangebot führen. Dabei lassen sich innerhalb des Altai-Geotektonogens sowohl die Kalba-Narym-Zone als

auch die Erzaltai-Zone unterscheiden (Abb. 17). Die sonst so seltenen Zinnlagerstätten sind hier in den Pegmatiten, Graniten und Granodioriten des Kalba-Narym-Komplexes intrusiv in Kalke, Sandsteine und Tonschiefer des Mitteldevons bis Unterkarbons eingelagert. Westlich dieser tektonischen Einheit ist die westliche Kalba-Formation zu nennen, in der sich Zinn in enger Beziehung zu Goldlagerstätten findet (Nechroschev 1966). Die Zinnlagerstätten zählen zu den alten Vererzungen, was sie für archäometrische Untersuchungen im Zusammenhang mit den frühen Zinnbronzen höchst interessant macht (siehe oben). In den Kalba-Granitoiden ist die Zinn- und Goldvererzung an Intrusionen gebunden. Das Gleiche gilt für das Delbegetej-Massiv. Vor allem im Süden des Massivs sind Zinn führende Greisen und Albitite verbreitet. Neben dem Kassiterit kommen Wolframit und Molybdenit vor. Die gesamte Lagerstätte Askaraly hat eine Ausdehnung von ungefähr 15x10 km.

Anders verhält es sich dagegen mit der nördlich des Irtysch liegende Zone des Rudnyj-Altai (westlicher Teil des Erz-Altai), die überwiegend alte polymetallische Vererzungen aufweist. Ihre Metallogenese setzte schon während des Oberkambriums ein. Neben Blei-Zink-Lagerstätten finden sich hauptsächlich solche von Kupfer- und Kupfer-Zink mit teilweise ausgeprägten Oxidationszonen sowie polymetallische Lagerstätten sulfidischer Erze. Diese teilweise sehr reichen Erzlager wurden vor allem in der sowjetischen Zeit genutzt, waren aber bereits, wie Funde zur Kupfermetallurgie im Vorfeld der Lagerstätten zeigen, in der Urgeschichte ausgebeutet worden.

Schon seit dem Mittelalter gibt es schriftliche Berichte über bergbauliche Tätigkeiten im Altai und den angrenzenden Gebieten. So berichtete der Franziskanerpater Wilhelm von Rubruck 1255 n. Chr. von seiner Reise an den Hof des mongolischen Großkhans in Karakorum über verschleppte deutsche Bergleute und Metallurgen, die in Kirgisien (Talas) nach Gold und anderen Erzen graben mussten (Weisgerber 1986). Der ersten europäischen Kolonisierungswelle folgte die wissenschaftliche Erschließung Ostkasachstans und Sibiriens. Seit

Abb. 18: Der nordwestliche Ausläufer des Delbegetej-Granitmassivs mit eingetragenen Pingenzügen der Fundstelle von Askaraly 1 (J. Cierny, DBM).



Peter dem Großen hatten Expeditionen und Entdeckungsreisen neben der wissenschaftlichen auch die wirtschaftliche Erforschung Sibiriens und des östlich des Urals liegenden Waldsteppengebiets zum Ziel. So reiste in der Nachfolge von Vitus Berings „Großer Nordischer Expedition“ der berühmte J. G. Gmelin in die Irtysch Region (1733-1743 n. Chr.), wo kurz zuvor die Festung Ust-Kamenogorsk gegründet worden war. Schon vorher hatte an Stellen alter „tschudischer“ Erzgruben die wirtschaftliche Wiedererschließung des Altai eingesetzt (Kupferhütte von Barnaul 1730). Die Untersuchung und Darstellung der Erzlagerstätten war auch ein wichtiges Anliegen der unter Leitung von P. S. Pallas durchgeführten Expedition (1768-1774 n. Chr.). Pallas ging dabei mehrfach und ausführlich auf Lagerstätten und ältere Bergbauversuche ein (z. B. Pallas 1773, 529-534).

Eine systematische archäologische Erschließung Ostkasachstans und Westsibiriens setzte allerdings erst am Ende des 19. Jh. n. Chr. ein und Fragen nach alter Rohstoffgewinnung wurden erst in den 1920er und 1930er Jahren gestellt – dies gilt für den gesamten mittelasiatischen Raum (vgl. Kuzmina 1991; Berdenov 1998; 2002a; 2002b). Durch semiquantitative Analysen konnte die besondere metallurgische Stellung der Region im 2. Jt. v. Chr. durch ihre vielfältigen Legierungskomponenten herausgestellt werden (etwa im Vergleich zu Kirgisien und Zentralkasachstan: Černikov 1949; 1960). Jüngere archäometrisch-metallurgische Untersuchungen (Sunčugašev 1975; Kyzlasov 1965) haben deutlich gemacht, dass vermutlich schon die kupfer- bis frühbronzezeitlichen Afanasevo- und Okunev-Kulturen die Lagerstätten Ostkasachstans genutzt hatten. Dafür sprechen neben indirekten Siedlungszeugnissen auch die frühen Zinnbronzen der Okunev-Kultur (Pyatkin 1983, 24) sowie die Prestige-Gegenstände des Sejma-Turbino-Kreises (Polosmak & Seifert 1996; Parzinger 1997). Jüngste Untersuchungen der Arbeitsgruppe von E. N. Chernykh (Moskau) haben dies bestätigt: Chernykh spricht von einer Sayan-Altai-Gruppe (Chernykh & Kuzminych 1989; Chernykh 1992, 182 ff.).

Im östlichen Kasachstan sind seit den Veröffentlichungen von S. S. Černikov (1949; 1960), der bei zwei geologischen Expeditionen 1935 bis 1938 den Zeugnissen frühen Berg- und Hüttenwesens umfassend nachging, vorgeschichtliche Abbaustellen auf Kupfer, Zinn und Gold bekannt, die als wichtige Erzlieferanten der alten Kulturen der eurasischen Steppe und der benachbarten Regionen angesehen wurden (Chernykh 1992). Dabei gelang es Černikov, auf relativ kleinem Gebiet die urgeschichtliche Nutzung von Zinn, Kupfer und Gold nachzuweisen und etliche Bergwerke für damalige Verhältnisse vorbildlich zu vermessen.

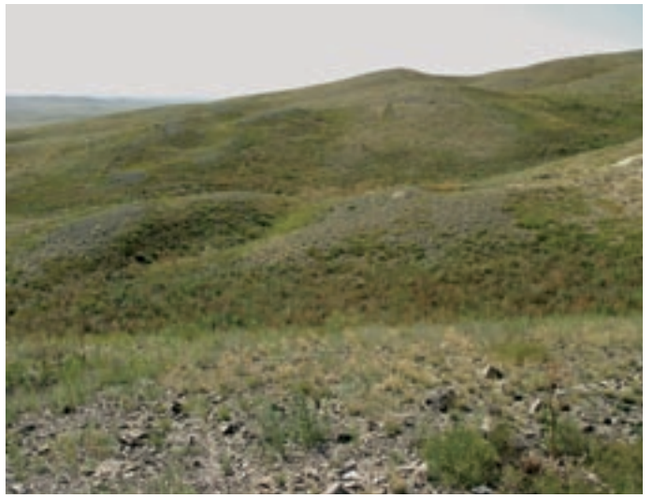


Abb. 19: Ausgedehnte Pingenzüge markieren den alten Zinnbergbau bei Askaraly 1 im Gebirgsmassiv des Delbegetej in Oblast Vostočnyj Kasachstan (Th. Stöllner, DBM).

Soweit heute erkennbar, erfolgte der Zugriff auf diese Lagerstätten sowohl aus dem Bereich der sibirischen Kulturen als auch aus der mittelasiatischen Steppenzone. Natürliche Kulturscheide ist der Irtysch. Besonders auffällig ist, dass sich eine Intensivierung der Rohstoffgewinnung mit der Andronovo-Stufe zu einem Zeitpunkt abzeichnet, als nomadische Kultur mehr und mehr die Wirtschaftsweise dieser Räume bestimmt. Erst die zunehmende Mobilität machte die Rohstoffe des Altai für unterschiedliche Gruppen und Räume zugänglich. Nicht ausgeschlossen scheint, dass die Anfänge dieser Entwicklung während der Frühbronzezeit auch in diesem Lagerstättenraum zu suchen sind.

Um neue Informationen zu Umfang und Art des Erzabbaus und eine exakte Datierung zu bekommen, wurde 2003 ein gemeinsames Projekt zwischen dem Archäologischen Institut am Ministerium für Bildung und Wissenschaft der Republik Kasachstan und dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum geplant[2]. Eine erste Forschungsreise zu einer Reihe von Montandenkmälern konnte schon 2003 durchgeführt werden, um Erhaltung und Ausmaß bzw. Aussagekraft der Denkmäler für eine zukünftige Projektforschung zu erkunden. Da die Entfernungen in Kasachstan sehr groß und die Straßen sehr schlecht sind, konnten bei der Reise nur drei größere Reviere (Kupfer, Zinn) untersucht werden. Besonders aufschlussreich waren die alten Zinnabbaue im Granitmassiv des Delbegetej. Die geologische Expedition konnte dort schon in den 1980er Jahren alten Bergbau feststellen. Die neuerlichen Feldbegehungen bestätigten diese Aussagen, wonach es sich um

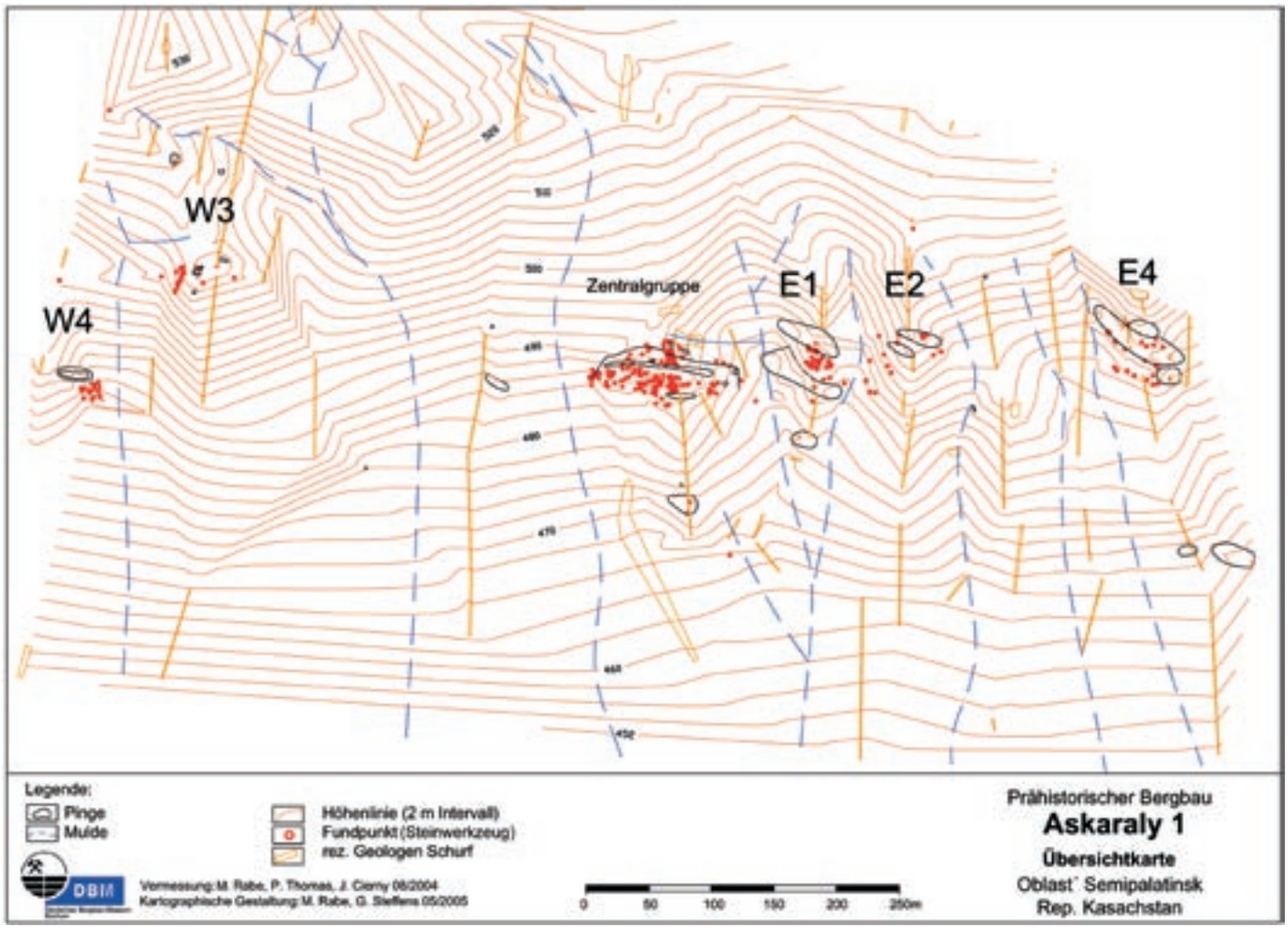


Abb. 20: Übersichtsplan der zentralen Pingengruppe in Askaraly 1 mit Schlägelfundstellen. Rillenschlägel und andere Arbeitssteine liegen auf den Abraumhalden der Grabenpingen und bezeugen den vermutlich bronzezeitlichen Bergbau (M. Rabe und G. Steffens, DBM).

eines der größten Grubenreviere im ganzen Kalba-Narym-Gebirgszug handelt. Die prähistorische Bedeutung wird vor allem durch intensive Besiedlungsspuren erkennbar, die sich seit der frühen Mittelbronzezeit (Fedorovka-Phase der Andronovo-Kultur) im Umfeld des Gebirgsstocks und östlich bis zum Fluss Irtysch finden lassen (Ermolaeva 2001).

Nach den Prospektionsunterlagen aus den 1970er Jahren, fanden sich im gesamten Lagerstättenareal mehr als hundert Stellen mit alten Pingen oder Schächten. 2004 konnten in dieser Region fünf voneinander getrennte Gruppen mit alten Bergbauspuren kartiert werden. Am Fundort Askaraly 1 (Abb. 18-19) markieren die Pingenzüge über Tage den Verlauf der Erzgänge (Abb. 20). Am besten ist der Pingenverlauf auf den Nord-Süd verlaufenden kurzen Hügelrücken sichtbar. Diese sind durch Wassererosion am Südhang des Ost-West liegenden Höhenzuges Askaraly 1 entstanden. Östlich der zentralen Gruppe, in der auch zwei Grabungsschnitte angelegt wurden (Abb. 21), befanden sich fünf, durch Erosionstälchen getrennte Gruppen von Grabenpingen. Westlich davon konnten vier solche Gruppen gezählt werden. Insgesamt wurden etwa 380 Steinhämmer und deren Fragmente kartiert, 20 davon stammen aus den beiden Grabungsschnitten, der Rest wurde in der unmittelbaren Umgebung der restlichen Pingen lokalisiert (Abb. 20, Abb. 22a). Die Schlägel waren aus den lokalen metamorphen Gesteinen und in kleinerer Anzahl aus Quarzit und Diorit gefertigt worden. Die Formen reichen von kleinen Hämmern bis zu großen Vorschlaghämmern. Andere wurden als Hacken eingesetzt. Die Mehrzahl der Steinhämmer hatte an den Seiten zwei oder mehr Kerben, manchmal auch längere Rillen (Abb. 22b). Diese dienen der Befestigung eines Holzstieles mit Hilfe z. B. von Lederriemen. Als Stiele wurden wohl Astansätze mit einem dickeren, flach zugerichteten

Abb. 21: Grabungsarbeiten in der ostkasachischen Steppe: Arbeit an Schnitt 1 im August 2004 (J. Cierny, DBM).

Ende oder eine passende Astgabel verwandt (Craddock 1990; Rieser & Schrattenthaler 2004).

Die Art des Abbaus wurde an zwei Stellen durch Ausgrabungen näher untersucht: Schnitt 1 (26 m lang, 1,7 m breit) wurde rechtwinklig zum Pingenverlauf angelegt. Dort konnten beide Stöße einer alten Pinge bis auf 7,5 m Tiefe freigelegt werden. Sie war im oberen Bereich gute 7 m breit, ab etwa 4,5 m unter der Oberfläche verjüngte sie sich auf 1 m. Bei einer Teufe von 7,5 m war die Sohle noch nicht erreicht, dennoch mussten die Arbeiten hier aus Sicherheitsgründen eingestellt werden (Abb. 21). Der Grabungsschnitt 2 wurde ebenso in der zentralen Gruppe, quer zu einer weiteren, breiteren Pinge hangaufwärts angelegt. In Schnitt 2 (20 m lang, 2,5 m breit) konnte 4,5 m unter der Oberfläche noch keine Sohle beobachtet werden.

Obwohl die Sohlen der beiden untersuchten Gruben noch nicht erreicht werden konnten, erlauben einige Beobachtungen erste Schlussfolgerungen zum Ablauf der alten Erzgewinnung in Askaraly. In beiden Fällen lag zuoberst ein bis zu 1 m mächtiger Horizont aus steinig-lehmigem, eher feinerem und festem Sediment, das sich durch die natürliche Erosion im Laufe der Zeit über der verfüllten Pinge gebildet hat. Darunter lag eine lockere Verfüllung aus gröberen Steinen, ein Hinweis auf eine bewusste Verfüllung der Grube. Weiterhin fiel auf, dass sich in der Verfüllung keinerlei Spuren von Holzkohle fanden[3]. Das Fehlen der Holzkohle in Askaraly könnte, im Gegensatz zu den Beobachtungen in den Zinnbergwerken von Usbekistan und Tadschikistan, für einen Abbau ohne Feuersetzen sprechen. Trotzdem sollten weitere Grabungsergebnisse abgewartet werden, da sich oft Holzkohle, Werkzeuge oder andere Objekte im Sohlenbereich der Gruben befinden. Leider ist bisher kein datierbares Fundmaterial geborgen worden: Die zahlreichen Steingeräte bezeugen jedenfalls einen alten Abbau.

In der Nähe der Bergwerke befanden sich mehrere Gräber mit runden Steinsetzungen. Diese Art der Bestattung ist für

Abb. 22a, b: Schlägel- und Arbeitssteine auf der Halde eines Grubenbaus in Askaraly I (Foto: Th. Stöllner, DBM, Zeichnung: J. Garner, DBM).

die hiesige Bronzezeit typisch. In der nachfolgenden Zeit wurden Steinhaufen über den Gräbern errichtet. Aus der 15 km entfernten Siedlung Maly Karasu ist ein weiteres Gräberfeld der Bronzezeit bekannt (Ermolaeva 2001). Es wäre möglich, dass sich an dieser windgeschützten Stelle mit ganzjährig fließendem Wasser eine größere Siedlung der Bergleute befunden hat, die sonst in saisonalen Lagern in der Nähe der Erzgänge lebten und ihrer Arbeit nachgingen.

Ausgehend von der oben formulierten Zinnproblematik wurden möglicherweise, wie in Usbekistan und Tadschikistan, auch in Kasachstan Spuren der frühen Zinngewinnung im späten 3. und frühen 2. Jt. v. Chr. gefunden; in jener Zeit, in der Zinn erstmals allgemeiner als Legierungsmetall in den Bronzen Vorder- und Mittelasiens sowie Südosteuropas erscheint. Die in diesen Zeitraum datierte Okunev/Karakol-Kultur ist im Arbeitsgebiet und vor allem im Kalba-Narym-Gebirge durch Siedlungsnachweise bezeugt und lässt eine entsprechende Datierung auch für die Bergwerke erwarten. Die geologisch aus dem Erdaltertum stammenden Zinnvererzungen des Altai-Geotektogens lassen auch geochemische Verbindungen mit entsprechenden Metallfunden weiter im Westen erwarten: Nach allen bislang gescheiterten Versuchen, das frühe Zinn der vorderorientalischen Hochkulturen herkunftsmäßig zu orten, bieten sich in dieser Region beste Voraussetzungen, in der Forschung voran zu kommen.

Die frühe Zinngewinnung ist natürlich nur im Rohstoffverbund mit der Nutzung der ebenfalls reichhaltigen Kupferlagerstätten im Rahmen der frühen Bronzemetallurgie denkbar. Darum werden auch die bergbauarchäologischen und archäometallurgischen Parameter der frühen Kupfermetallurgie zwischen dem 4. und dem 2. Jt. v. Chr. erforscht. Ein Höhepunkt liegt sicher im Zeitraum der Andronovo- und der nachfolgenden Begazy-Dandybaj-Kultur (entsprechend der Karasuk-Kultur in Sibirien), als große Lagerstätten wie die zentralkasachischen von Dzhezkazgan und Kenkazgan (Oblast Karaganda) (Margulan 1973) und auch Boschakol (Oblast Pavlodar) ausgebeutet wurden. Doch auch hier liegen die Anfänge sicher wie im sibirischen Altai und Sajan schon im 3. Jt. v. Chr. (kupferzeitliche Afanasevo-Kultur). Geochemische Provenienzanalysen sollen darüber hinaus klären, ob Kupfer in der Steppenzone weithin verhandelt wurde oder innerhalb der Andronovo-Kulturgruppen (z. B. die Feodorovka-Gruppe) in Zentral- und Ostkasachstan verblieb (Kouznetsova *et al*. 1988). Möglicherweise stellte gerade der Metallhandel eine wesentliche Grundlage für diese Kulturerscheinung dar. Dabei wird es gerade im Umfeld des Altai zu Austauschbeziehungen mit den sibirischen Kulturen gekommen sein. Obwohl Kulturscheide, stellt der Irtysch doch eine Kommunikationszone zwischen den Steppen- und den Waldsteppenkulturen Sibiriens und Mittelasiens dar. Kulturaustausch orientierte sich am wirtschaftlichen Verkehr, und die Metalle des Rudnyj Altai wie auch des Kalba-Narym-Gebietes könnten weithin verhandelt worden sein. Doch die sich daraus ergebenden Fragen können erst durch weitere archäologische und geochemische Forschungen beantwortet werden.

Anmerkungen

1 Muhly *et al*. 1991; Muhly 1993; Yener & Goodway 1992; Yener & Vandiver 1993; Willies 1995; Pernicka *et al*. 1992.

2 Zu danken ist besonders Herrn Dr. Zeinolla Samashev und Herrn Sergej Berdenov vom Archäologischen Institut Margulan für die ausgezeichnete Zusammenarbeit vor Ort. Die Arbeiten werden dankenswerterweise von der Gerda-Henkel-Stiftung, Düsseldorf gefördert („Kupfer und Zinn der Zentralasiatischen Steppe“). Unterstützt wurde die Expedition u. a. auch von Galina Kusch (Museum Ust-Kamenogorsk) sowie Viktor Merz (Museum Pavlodar).

3 Ein Vorhandensein derselben spricht in der Regel für die Anwendung des Feuersetzens, einer Gewinnungsmethode, bei der durch Hitzeeinwirkung das Gestein mürbe und dadurch leichter abbaubar wird.

Bibliographie

ALEKSEEV, V. A., KUZNETSOVA, E. F.:
1983 Kenkazgan – drevnij mednyj rudnik v centralnom Kazachstane. Sovetskaja Arch. Nr. 2, 203-212.

ALIMOV, K., BOROFFKA, N., BUBNOVA, M., BURJAKOV, J., CIERNY, J., JAKUBOV, J., LUTZ, J., PARZINGER, H., PERNICKA, E., RADILILOVSKIJ, V., RUZANOV, V., SHIRINOV, T. & WEISGERBER, G.:
1998 Prähistorischer Zinnbergbau in Mittelasien. Eurasia Antiqua 4, 137-199.
1999 Research at Karnab, Usbekistan. Istorija Materialnoj Kultury Uzbekistana 30, 80-87.

ARTZY, M.:
1983 Arethusa of the tin ingot. Bulletin of the American Schools of Oriental Research (BASOR) 250, 51-55.

BERDENOV, S. A.:
1998 Kazachstanskaja gorno-metallurgičeskaja oblast. In: Voprosy Archeologii Kazachstana 2, Almaty/Moskva, 180-190.
2002a Drevnie istočniki dobyči medi i olova v Kazachstane. Potgotovka specialista novoj formacii: nauka, metodika, praktika. Taldykorgan, Institut Žetysu. Materialy meždunarodnoj konferencii. Almaty.
2002b Drevnee gornoe delo Kazachstana. Drevnejšie etapy gornogo dela i metallurgii v severnoj Evrazii: Kargalinskij kompleks. Materialy simpoziuma. Moskva.

BOROFFKA, N., CIERNY, J., LUTZ, J., PARZINGER, H., PERNICKA, E. & WEISGERBER, G.:
2003 Bronze Age Tin from Central Asia: Preliminary Notes. In: K. Boyle, C. Renfrew & M. Levine, Ancient interactions: east and west in Eurasia (McDonald Institute Monographs), Oxford, 135-159.

ČERNIKOV, S. S.:
1949 Drevnaja metallurgija i gornoje delo zapadnogo Altaja. Alma-Ata.

1960 Vostočnyj Kazachstan v epochu bronzy. Moskva – Leningrad.
CHARLES, J. A.:
1975 Where is the tin? Antiquity 49, 19-24.
CHERNYKH, E. N.:
1992 Ancient Metallurgy in the USSR. Cambridge.
CHERNYKH , E. N. & KUZMINYCH, S. V.:
1989 Drevnaja metallurgija severnoj Evrazii. Moskva.
CIERNY, J.:
1995 Die Gruben von Muschiston in Tadschikistan - Stand die Wiege der Zinnbronze in Mittelasien? Der Anschnitt 47, H. 1-2, 68-69.
CIERNY, J. & WEISGERBER, G.:
2003 Bronze Age Tin Mines in Central Asia. Tagungsband XIVe Congres de l'Union Internationale des Sciences Prehistoriques et Protohistoriques, Liège, Belgique, 2-8 sept. 2001, Section 11. In: A. Giumlia-Mair & F. Lo Schiavo (Hrsg.), Le problème de l´étain à l´origine de la métallurgie (BAR International Series 1199), Oxford, 23-31.
CRADDOCK, B. R.:
1990 The experimental Hafting of Stone Mining Hammers. In: P. Crew & S. Crew (Hrsg.), Early Mining in the British Isles, Maentwrog.
DERKSEN, J. G.:
2005 Metals According to Documents from Kültepe-Kanish Dating to the Old Assyrian Colony Period. In: Ü. Yalçın (Hrsg.), Anatolian Metal III. Der Anschnitt, Beiheft 18, Bochum, 17-34.
ERMOLAEVA, A. S.:
2001 Pogrebenija epochi bronzy mogilnikov Maloe Karasu I Kovalevka levoberežnogo Irtyša. Istorija i archeologija Semirečja, Vypusk 2. Almaty.
ERMOLAEVA, A. S., ERMOLENKO, L. N., KUZNETSOVA, E. F. & TEPLOVODSKAJA, T. M.:
1998 Poselenie drevnich metallurgov VIII-VII vv. do n. e. na semiplatinskom pravoberežii Irtyša. Voprosy Archeologii Kazachstana 2, Almaty – Moskva, 39-46.
GALILI, E. & SHMUELI, N.:
1983 Israel. In: The International Journal of Nautical Archaeology 12, 178.
GEOLOGIJA SSSR:
1967 Bd. 41 Vostočnyj Kazachstan. Teil 1, Geologičeskoe opisanie. Moskva.
1974 Teil 2, Poleznye iskopaemye. Moskva.
HAUPTMANN, A.:
2000 Zur frühen Metallurgie des Kupfers in Fenan/Jordanien. Der Anschnitt, Beiheft 11, Bochum.
HIEBERT, F. T.:
1994 Production evidence for the origins of the Oxus Civilization. Antiquity 68/259, 372-387.
KAŠČEEV, V. F.:
1971 Otčet po poiskovym rabotam na ploščadi Delbegetejskogo granitnogo massiva. Ust-Kamenogorsk.
KOHL, PH.:
2004 Chloritgefäße und andere steinerne Behältnisse und ihr Austausch im Gebiet des Iranischen-Zentral-Plateaus und jenseits davon. In: Th. Stöllner, A. Vatandoust & R. Slotta (Hrsg), Persiens Antike Pracht. Bergbau – Handwerk – Archäologie. Ausstellungskatalog Deutsches Bergbau-Museum Bochum (Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 128), Bochum, 282-289.
KOUZNETSOVA, E. F., PCHENICHAIA, N. F. & SOULEIMENOV, E. N.:
1988 Ètudes pysico-chimiques: des matières premières et production métallurgique à l'âge du Bronze au Kazachstan central. Paléorient 1471.
KUZMINA, E.:
1991 Die urgeschichtliche Metallurgie der Andronovo-Kultur. Bergbau, Metallurgie und Metallbearbeitung. Zeitschr. für Archäologie 25, 29-48.
KYZLASOV, L. R.:
1965 Drevnejšie orudija gornogo dela na Altaje. In: Mat. i. Issled. Arch. SSSR 130, 165-168.
LITVINSKIJ, B. A.:
1950 K istorii dobytschi olova v Uzbekistane. In: Trudy Sredneaziatskogo Gosudarstvennogo Universiteta (Archeologija srednej Azii), N.S. 9, 51-67.
1954 Drevnejšie stranicy istorii gornoga dela Tadžikistana i drugich respublik Srednej Azii. Stalinabad.
MADDIN, R.:
1989 The copper and tin ingots from the Kas shipwreck. In: A. Hauptmann, E. Pernicka & G. A. Wagner (Hrsg.), Archäometallurgie der Alten Welt - „Old World Archaeometallurgy", Der Anschnitt, Beiheft 7, Bochum, 99-105.
MARGULAN, A. Ch.:
1973 Džezkazgan – drevnij metallurgičeskij zentr (Gorodišče Milykuduk). Archeologičeskie issledovanija v Kazachstane. Alma-Ata, 3-43.
MATERNIKOV, M. P. & SIRINA, T. N.:
1970 Novyj tip olovjanogo orudenija v Vostočnom Kazachstane. Izvestija AN Kaz SSR, serija geologičeskaja Nr.10.
MUHLY, J. D.:
1973 Copper and Tin. The Distribution of Mineral Resources and the Nature of the Metals Trade in the Bronze Age. Connecticut.
1985 Sources of tin and the beginnings of bronze metallurgy. American Journal of Archaeology 89, 275-291.
1993 Early bronze age tin and the Taurus. American Journal of Archaeology 97, 239-253.
MUHLY, J. D., BEGEMANN, F., ÖZTUNALI, Ö., PERNICKA, E., SCHMITT-STRECKER, S. & WAGNER, G. A.:
1991 The Bronze Metallurgy in Anatolia and the Question of Local Tin Sources. In: E. Pernicka & G. A. Wagner (Hrsg.), Archaeometry, 90. Proceedings of the 27th Symposium on Archaeometry held in Heidelberg Apr.2-6, 1990, Basel, 209-220.
NECHROSCHEV, V. P.:
1966 Geologie des Altai. Berlin.
PALLAS, P. S.:
1773 Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reiches. Bd. 2, St. Petersburg 1771-1776, Nachdruck Graz 1967.
PARZINGER, H.:
1997 Sejma-Turbino und die Anfänge des sibirischen Tierstils. Eurasia Antiqua 3, 223-247.
2002 Das Zinn in der Bronzezeit Eurasiens. In: Ü. Yalçın, Anatolian Metal II, Der Anschnitt, Beiheft 15, 159-177.
PARZINGER, H. & BOROFFKA, N.:
2003 Das Zinn der Bronzezeit in Mittelasien I. Die siedlungsarchäologischen Forschungen im Umfeld der Zinnlagerstätten, Mainz (= Archäologie in Iran und Turan 5).
PARZINGER, H., NAGLER, A. & ČUGUNOV, K.:
2001 Der Fürst von Arzhan. Ausgrabungen im skythischen Fürstengrabhügel Arzhan 2 in der südsibirischen Republik Tuva. Antike Welt, 32. Jg., H. 6, Mainz, 607-614.
PENHALLURICK, R. D.:
1986 Tin in antiquity, its mining and trade throughout the ancient world with particular reference to Cornwall. London.
PERNICKA, E.:
1995 Gewinnung und Verbreitung der Metalle in prähistorischer Zeit. Jahrb. RGZM 37, 1990 (1995), 21-129.
1998 Die Ausbreitung der Zinnbronze im 3. Jt. v. Chr. In: B. Hänsel (Hrsg.), Mensch und Umwelt in der Bronzezeit Europas. Abschlusstagung: Die Bronzezeit: das erste goldene Zeitalter Europas, FU Berlin 1997, Kiel, 135-148.
PERNICKA, E., WAGNER, G. A. & MUHLY, J. D.:
1992 Comment on the discussion of ancient tin sources in Anatolia. Journal of Mediterranean Archaeology 5, 91-98.
POLOSMAK, N. V. & SEIFERT, M.:
1996 Menschen aus dem Eis Sibiriens. Neuentdeckte Hügelgräber (Kurgane) im Permafrost des Altai. Antike Welt 27/2, 87-108.
PYATKIN, B. N.:
1983 Metalloobrabatyvajuščee proizvodstvo kak odna iz charakteristik kulturnogo progressa. In: Ispolzovanie metalov estestvennych i točnych nauk pri izučenii drevnei istorii Zapadnoj Sibirii. Barnaul.
RIESER, B. & SCHRATTENTHALER, H.:
2004 Prähistorischer Kupferbergbau im Raum Schwaz/Brixlegg (Nordtirol). In: G. Weisgerber & G. Goldenberg (Hrsg., Alpenkupfer – Rame delle Alpi. Der Anschnitt, Beiheft 17, Bochum, 75-94.
SARIANIDI, V. I.:
1977 Drevnie zemledelci Afganistana. Moskau.

STECH, T. & PIGOTT, V.:
1986 The Metals Trade in Southwest Asia in the Third Millennium B.C. Iraq 48, 39-64.
STÖLLNER, Th., SLOTTA, R. & VATANDOUST, A. (Hrsg):
2004 Persiens Antike Pracht, Bergbau – Handwerk – Archäologie. Ausstellungskatalog Deutsches Bergbau-Museum Bochum (Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 128), Bochum.
SUNČUGAŠEV, JA. I.:
1975 Drevnejšie rudniki i pamjatniki rannej metallurgii v Chakassko-Minusinskoj kotlovine. Moskau.
TOSI, M. & LAMBERG-KARLOVSKY, C. C.:
2003 Pathways across Eurasia. In: J. Aruz (Hrsg.), Art of the first Cities. The Third Millenium B.C. from the Mediterranean to the Indus, Katalog Metropolitan Museum of Art, New York, 347-350.
WEISGERBER, G.:
1986 Deutsche Bergleute im Mongolenreich – Bergmännisches bei Wilhelm von Rubruck vom Jahre 1255. Der Anschnitt 38, 3-4, 147.
2004 Schmucksteine im Alten Orient (Lapislazuli, Türkis, Achat, Karneol). In: Th. Stöllner, R. Slotta & A. Vatandoust (Hrsg.), Persiens Antike Pracht. Bergbau – Handwerk – Archäologie. Ausstellungskatalog Deutsches Bergbau-Museum Bochum (Veröffentlichung aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum Nr. 128), Bochum, 64-74.
WEISGERBER, G. & CIERNY, J.:
1999 Ist das Zinnrätsel gelöst? Auf den Spuren der Bronzezeit in Zentralasien. Oxus 4, 44-47.
2002 Tin for Ancient Anatolia? In: Ü. Yalçın, Anatolian Metal II, Der Anschnitt, Beiheft 15, Bochum, 179-186.
WILLIES, L.:
1995 Kestel Tin Mine, Turkey. Interim Report 1995. Bulletin of the Peak District Mines Historical Society 12/5, 1-11.
YALÇIN, Ü. (HRSG.):
2000 Anatolian Metal I. Der Anschnitt, Beiheft 13, Bochum.
2002 Anatolian Metal II. Der Anschnitt, Beiheft 15, Bochum.
2003 Metallurgie in Anatolien. In: Th. Stöllner, G. Körlin, G. Steffens & J. Cierny (Hrsg.), Man and Mining - Mensch und Bergbau. Studies in honour of Gerd Weisgerber on occasion of his 65th birthday. Der Anschnitt, Beiheft 16, 527-536.
2005 Anatolian Metal III. Der Anschnitt, Beiheft 18, Bochum.
YENER, K. A. & GOODWAY, M.:
1992 Response to Mark E. Hall and Sharon R. Steadman, Tin and Anatolia. Another look. Journal of Mediterranean Archaeology 5, 77-90.
YENER, K. A. & VANDIVER, P.:
1993 Reply to J. D. Muhly, „Early bronze age tin and the Taurus“. American Journal of Archaeology 97, 255-262.

Bergbau, Metallurgie, Industriezentren und Werkstätten von Handelsgütern