

ERNST PERNICKA · THOMAS C. SEELIGER · GÜNTHER A. WAGNER
FRIEDRICH BEGEMANN · SIGRID SCHMITT-STRECKER · CLEMENS EIBNER
ÖNDER ÖZTUNALI · ISTVÁN BARANYI

ARCHÄOMETALLURGISCHE UNTERSUCHUNGEN IN NORDWESTANATOLIEN *

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit ist das erste Ergebnis eines interdisziplinären Forschungsprojektes, dessen Ziel es ist, die Bedeutung Kleinasiens für die Entwicklung der frühen Metallurgie bewußt zu machen. In Anatolien wurden einige der frühesten Belege für Metallverwendung¹ und Metallgewinnung² gefunden. Auch gibt es zahlreiche Hinweise darauf, daß Metalle in früher Zeit von dort in die angrenzenden Gebiete, so nach Mesopotamien oder in die Ägäis gelangten³.

Über die frühe Metallgewinnung in Anatolien ist vergleichsweise wenig bekannt. Erste Forschungsfortschritte erzielten u.a. U. Esin⁴, die eine große Zahl von frühbronzezeitlichen Metallobjekten analysierte und P. de Jesus⁵, der neben Analysendaten von Metallartefakten auch die Kenntnis über Erzvorkommen anhand der geologischen Literatur zusammenstellte.

Um die Bedeutung Kleinasiens für die frühe Metallgewinnung zu erforschen, ist es notwendig, auch methodisch über die bisher erzielten Ergebnisse hinauszugehen und vor allem geologische und montan-archäologische Geländeuntersuchungen einzubeziehen. Denn auch ohne die Hilfe literarischer Überlieferung kann die Nutzung einer Lagerstätte in einer bestimmten Zeitstufe entweder direkt durch Geländebeobachtungen, verbunden mit verschiedenen Datierungsmethoden, oder indirekt über die Zuordnung von stratifizierten Metallobjekten zu dieser Lagerstätte nachgewiesen werden.

Versuche, die Herkunft des Rohstoffes von Metallobjekten aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung zu bestimmen, reichen weit in die Forschungsgeschichte zurück⁶. Dennoch liegen nur wenige überzeugende Beispiele einer gelungenen Herkunftsbestimmung vor. Einer der Gründe dürfte wohl darin liegen, daß die analytischen Untersuchungen vorwiegend Artefakten galten. So vergleichen etwa Otto und Witter (s. Anm. 6), die Pionierarbeit bei der Einführung der optischen Emissionsspektrometrie

* E. Pernicka [E. P.], T. C. Seeliger [T. C. S.], G. A. Wagner [G. A. W.]: Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg. — F. Begemann [F. B.], S. Schmitt-Strecker [S. S.-S.]: Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz. — C. Eibner [C. E.]: Institut für Ur- und Frühgeschichte, Universität Heidelberg. — Ö. Öztunali [Ö. Ö.]: Mühendislik Fakultesi, İstanbul Üniversitesi. — I. Baranyi [I. B.]: Landesammlung für Naturkunde, Karlsruhe.

Für die Genehmigung der im Zuge unserer Forschungen notwendigen Geländearbeiten und für ihre wertvolle Unterstützung danken wir Herrn Sitki Sancar, Generaldirektor des Maden Tektik ve Arama Enstitüsü (MTA), und Herrn Muammer Öcal, Generalmanager der ETI Bankası. Für ihre Hilfe und freundschaftliche Zusammenarbeit im Gelände danken wir den Herren Dr. T. Ercan, MTA Ankara, Dr. A. N. Pehlivani, MTA Balıkesir, Dipl.-Ing. Daner, ETI Bankası Balya und Dr. H. Demirok, ETI Bankası Kütahya. Die Exkursion wurde aus Mitteln der Stiftung Volkswagenwerk, Hannover, und der Max-Planck-Gesellschaft, München, gefördert.

¹ H. Çambel, R. J. Braidwood u. Çayönü Tepe: Schritte zu neuen Lebensweisen. In: Beiträge zur Altertumskunde Kleinasiens. Festschrift K. Bittel (Hrsg. R. M. Boehmer u.

H. Hauptmann; 1983) 157.

² J. Mellaart, Çatal Hüyük. A Neolithic Town in Anatolia (London 1967) 217f. — H. Neuninger, R. Pittioni, W. Siegl, Frühkeramikzeitliche Kupfergewinnung in Anatolien. Arch. Austriaca 35, 1964, 98–110. Die Schlussfolgerung dieser Autoren, daß in Çatal Hüyük im frühen 6. Jahrtausend v. Chr. Kupfer verhüttet wurde, ist allerdings umstritten, siehe z. B. R. F. Tylecote, A History of Metallurgy (London 1976) 5.

³ Zusammenfassend: J. D. Muhly, Copper and Tin. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences, Vol. 43, 1973, 155–535. Mit Ergänzungen als Buch erschienen bei Archon Books, Hamden, Connecticut.

⁴ U. Esin, Kuantatif Spektral Analiz Yardımıyla Anadolu'da Başlangıcından Asur Kolonileri Çağına Kadar Bakır ve Tunç Madenciliği (İstanbul 1969).

⁵ Prentiss S. de Jesus, The Development of Prehistoric Mining and Metallurgy in Anatolia. BAR International Series 74 (London 1980).

⁶ H. Otto u. W. Witter, Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa (Leipzig 1952) mit einer Zusammenfassung auch der Literatur des 19. Jahrhunderts.

in die Urgeschichtsforschung leisteten, ihre 1374 Analysen von Metallobjekten mit wenigen Literaturdaten von Erzen einiger ausgewählter Lagerstätten. Im größten Analyseunternehmen dieser Art, in Stuttgart mit Sorgfalt durchgeführt⁷, wurde von vorneherein auf Erzanalysen verzichtet, die wegen des großen geographischen Arbeitsgebietes wohl auch zahlenmäßig kaum zu bewältigen gewesen wären.

Im Gegensatz dazu hat sich eine Wiener Arbeitsgruppe um R. Pittioni⁸ auf ein relativ kleines Gebiet im Ostalpenraum beschränkt und versucht, dessen Erzvorkommen möglichst vollständig zu erfassen und deren Zusammensetzung mit Metallartefakten in Beziehung zu setzen. Die Analysen wurden durch intensive montanarchäologische Geländeuntersuchungen ergänzt. Die Ergebnisse dieses im Prinzip beispielhaften Ansatzes werden aber durch die Anwendung einer nur halbquantitativen Analysenmethode in ihrer Aussagekraft gemindert, weil damit die Zuordnung von Metallartefakten zu einzelnen Lagerstätten aus heutiger Sicht wenig gesichert erscheint.

Eine umfassende Darstellung des Forschungsstandes aus der Mitte der Siebzigerjahre mit besonderer Berücksichtigung der optischen Spektralanalyse und unter Einschluß der osteuropäischen Literatur wurde von H. Härke veröffentlicht⁹. Zur Problematik der Herkunftsbestimmung von Kupferartefakten aufgrund von Spurenelementanalysen hat sich zuletzt H. D. Schulz geäußert¹⁰. Dabei werden die Problemkreise der Analysengenauigkeit, der Variation in der Zusammensetzung der Lagerstätte, der Veränderung des chemischen »Fingerabdrucks« einer Lagerstätte bei der Verhüttung und der Datenverarbeitung mit multivariaten statistischen Methoden angesprochen.

Genau diese Problemkreise sind bei unserem methodischen Ansatz berücksichtigt, indem zur chemischen Charakterisierung von Metallartefakten die Neutronenaktivierungsanalyse und die Atomabsorptionsspektrometrie verwendet werden, die eine höhere Meßgenauigkeit und für einige Elemente auch eine höhere Empfindlichkeit als die Emissionsspektralanalyse aufweisen. Beide Methoden haben schon Eingang in die Urgeschichtsforschung gefunden¹¹, ebenso wie die Clusteranalyse zur Gruppierung der Proben nach ihrer chemischen Zusammensetzung (s. Anm. 10). Zusätzlich verwenden wir die Isotopenverhältnisse des Bleies zur Charakterisierung, weil diese keinen Veränderungen bei der Verhüttung unterliegen und somit zumindest ein Problemkreis ausgeschaltet ist. Diese Kombination von chemischer und isotopischer Analyse wurde bisher vorwiegend bei der Herkunftsbestimmung von Blei- und Silberobjekten eingesetzt¹² und wird in dieser Untersuchung erstmals systematisch an Kupfer- und Bronzeobjekten erprobt. Im nächsten Schritt werden Erze und Verhüttungsprodukte von Bergbau- und Hüttenplätzen, die als mögliche Metalllieferanten in Frage kommen, in analoger Weise analysiert. Dabei ist es wichtig, auch kleinere, nach heutigen Begriffen unwirtschaftliche Vorkommen zu erfassen. Dies ist nur durch intensive Geländearbeit möglich.

Danach werden Ähnlichkeiten im chemischen und isotopischen »Fingerabdruck« zwischen Erzen, Verhüttungsprodukten und Metallobjekten gesucht. Dabei tritt häufig das Problem auf, daß verschiedene Erzvorkommen ähnliche Charakteristika aufweisen. Deshalb muß schließlich nachgewiesen werden, daß das Alter eines Metallgewinnungsplatzes auch dem Datierungsansatz der archäologischen Funde entspricht. Für diesen Nachweis sind wieder die Feldbeobachtung wichtig sowie physikalische Datierungsverfahren, wie die Thermolumineszenz- und die ¹⁴C-Methode. Es ist offensichtlich, daß solch ein

⁷ S. Junghans, E. Sangmeister u. M. Schröder, Metallanalysen kupferzeitlicher und frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europa (Berlin 1960). – Dies., Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas (Berlin 1968). –

⁸ R. Pittioni, Urzeitlicher Bergbau auf Kupfererz und Spurenanalyse. Beiträge zum Problem der Relation Lagerstätte – Fertigobjekt. Arch. Austriaca, Beiheft 1 (Wien 1957). – Ders., Zweck und Ziel spektralanalytischer Untersuchungen für die Urgeschichte des Kupferberggewesens. Arch. Austriaca 26, 1959, 67–95.

⁹ H. Härke, Probleme der optischen Emissionsspektralanalyse in der Urgeschichtsforschung. Technische Möglichkeiten und methodische Fragestellungen. Prähist. Zeitschr. 53, 1978, 165–276.

¹⁰ H. D. Schulz, Zuordnung von Kupfer-Metall zum Ausgangserz. Möglichkeiten und Grenzen der Methode. Prähist. Zeitschr. 58, 1983, 1–14.

¹¹ Für die Anwendung der Neutronenaktivierungsanalyse z. B.: B. Ottaway, Earliest copper artifacts of the Northalpine region: Their analysis and evaluation. Schr. Sem. Urgeschichte Univ. Bern. H. 7 (1982). – P.T. Craddock, The composition of the copper alloys used by the Greek, Etruscan and Roman Civilizations. 1. The Greeks before the Archaic Period. Journal Arch. Science 3, 1976, 93–113. – Vgl. auch Anm. 10.

¹² W. Gentner, O. Müller, G. A. Wagner u. N. H. Gale, Silver sources of archaic Greek coinage. Naturwiss. 65, 1978, 273–284.

breiter Ansatz nicht von einer einzelnen wissenschaftlichen Disziplin bewältigt werden kann. Dazu müssen sich Archäologen, Geologen, Mineralogen, Chemiker und Physiker zusammenfinden, wie es bei diesem Projekt geschehen ist.

Für unsere ersten archäometallurgischen Untersuchungen in den verschiedenen Zonen Kleinasiens wurde der nordwestanatolische Raum deshalb ausgewählt, da hier die Voraussetzungen gegeben schienen, Spuren altertümlicher Metallgewinnung aufzudecken. Dies ergibt sich aus der Verbreitung der Metallvorkommen in Anatolien, die u.a. im Nordwesten gehäuft auftreten.

Darüber hinaus sind aus den Landschaften um Troja einige für die Chronologie und Kulturgeschichte der frühen anatolischen Metallzeit bedeutende Kupfer- und Bronzefunde bekannt, die seit den Tagen H. Schliemanns den Rang von Leitfossilien besitzen. Unsere Absicht war es, diese Metalle eines in etwa einheitlichen Kulturreiches zu studieren. Leider stammen diese Funde aus alten Grabungen oder es ist über ihren näheren Fundzusammenhang nichts bekannt. Wir hoffen deshalb, die hier vorgelegten Ergebnisse in Zukunft durch gut stratifiziertes Fundmaterial stützen zu können.

E.P.

2. Aufgesuchte Metallvorkommen

In diesem Abschnitt werden die im August und September 1983 aufgesuchten Metallvorkommen (Abb. 1) in der Reihenfolge ihrer TG-Nummer vorgestellt. Die Stellen TG12 bis TG19 waren von einer Expedition des Max-Planck-Instituts erstmals im Mai 1975 besucht worden (s. Anm. 12). Als Informationsquellen zum Auffinden der Metallvorkommen in der Troas wurden der Bericht von Ryan¹³, die MTA Berichte über Blei-, Kupfer- und Zinklagerstätten¹⁴, über Arsen-, Quecksilber-, Antimon- und Goldlagerstätten¹⁵ und der lagerstättenkundliche Bericht der BGR¹⁶ benutzt. Einige Plätze wurden durch Befragen von Bauern und Hirten ausfindig gemacht. Die einzelnen Stellen werden im Folgenden nach (a) geographischen, (b) geologischen, (c) bergbaulichen, (d) metallurgischen und (e) archäologischen Gesichtspunkten abgehandelt.

TG 12 Altinoluk, Prov. Balikesir

(a) Der Bergbaudistrikt von Altinoluk liegt ca. 2 km nordwestlich vom gleichnamigen Dorf. Man erreicht ihn von der Küstenstraße über das Turkmenendorf Doyran, von hier über die Forststraße hangaufwärts. Das Grubengelände liegt am kiefernbestandenen Berghang in ca. 460 m N.N. (Abb. 2).

(b) Bei der Lagerstätte handelt es sich um eine Blei-Zink-Vererzung in einer Amphibolitschiefer-Marmor-Wechselfolge. Schiefer und Marmor sind dem Kazdağ-Kristallin, dem ältesten Schichtglied auf der Biga-Halbinsel, zuzuordnen. Die Erzminerale sind Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Kupferkies, Bornit und sekundäre Kupferminerale. Die Vererzung zeigt sich

sowohl konkordant im Schiefer als auch an den Kontaktflächen Schiefer/Marmor. Es sind auch linsenförmige Erzkörper im Schiefer zu beobachten, die jedoch wesentlich stärker verquarzt sind. Das gesamte Kristallin wird von Quarzgängen diskordant durchzogen. Die Bildung der Lagerstätte ist auf eine hydrothermale Lösungszufuhr zurückzuführen (s. Anm. 16). Die Erzreserven belaufen sich auf ca. 27000 t.

(c) In einem wasserführenden Geländeeinschnitt sind drei Stollenmundlöcher angeschlagen (Abb. 2). Der westlichste Stollen schließt ein eigenes Revier auf, während die östlich des Baches liegenden beiden zum selben Grubensystem gehören. Über dem nördlichen ist in lateinischen Lettern die Eulogie der ersten Sure

¹³ C. W. Ryan, A guide to the known minerals of Turkey, MTA Ankara (1960).

¹⁴ Lead, copper and zinc deposits of Turkey. Maden Tektik ve Arama Enstitüsü (Ankara) Yayınlarından (im folgenden: MTA Publication) 133, 1972. Diesen Bericht verwenden auch P. de Jesus (s. Anm. 5) ohne darüber hinaus zu gehen.

¹⁵ Arsenic, mercury, antimony and gold deposits in Turkey.

MTA Publication 129, Ankara 1970; Erzvorkommen der Provinz Balikesir; Erzvorkommen der Provinz Çanakkale. Interne MTA-Berichte, beide Balikesir 1982.

¹⁶ Technische Zusammenarbeit Projekt Nr. 74.1009.4: Blei-Zink-Kupfer-Prospektion auf der südlichen Biga-Halbinsel. Abschlußbericht, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hannover 1980).

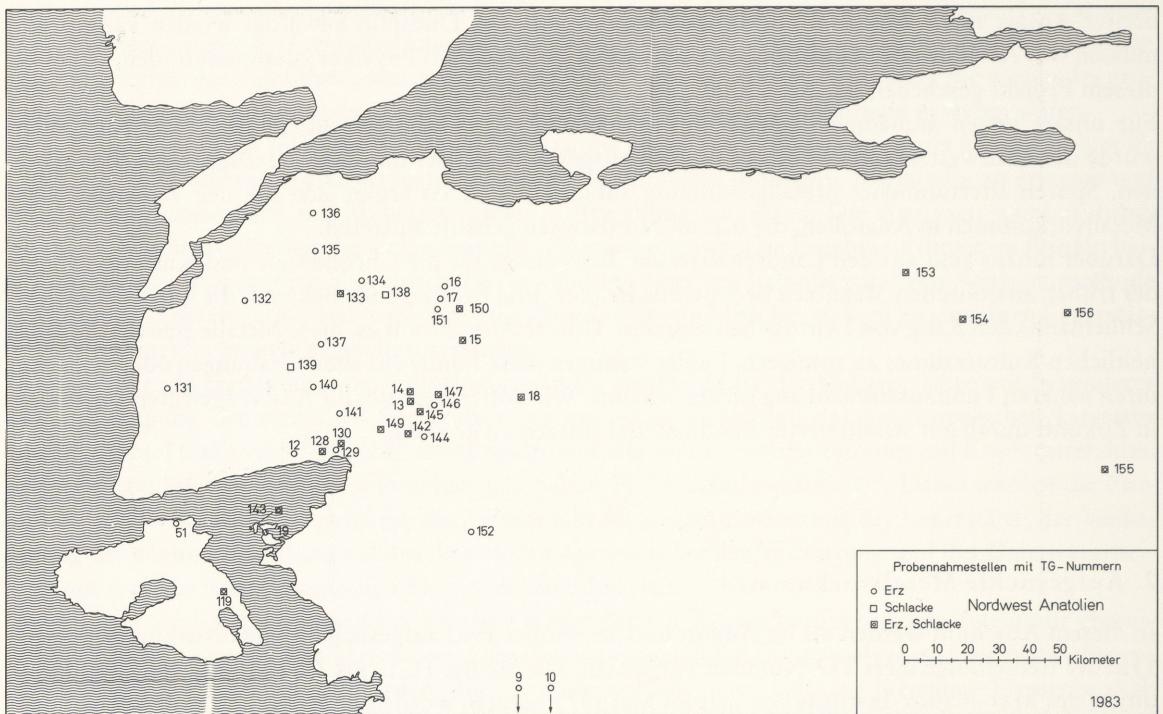


Abb. 1 Aufgesuchte Metallvorkommen in der Troas.

des Koran (im Namen Gottes, des Allererbarmers) mit weißer Farbe angeschrieben. Die beiden letzten Stollen besitzen eine Gleisförderung; die im südlichen stammt wohl noch aus der Zeit der Lauriongesellschaft. Von diesem Stollen zweigen in regelmäßigen Abständen Querschläge ab, die der Vorrichtung und dem Abbau der Grube in einem flach nach NW einfalenden Lagergang dienten. Im östlichen Feldteil dieser Grube sind in den Abbauhöhlräumen, die nicht durch Pfeilerbau mit eingebrachtem Versatz unzugänglich sind, Vorrichtungs- und Abbaustrecken befahrbar, die nach Art der Herrichtung mit der typischen kreuzförmigen Verzweigung am Streckenstoß und nach dem rechteckigen Querschnitt als »hellenistisch« anzusprechen sind. Um einen gewissen Eindruck der Abbautechnik zu bekommen, wurde ein Teil der Grube aufgemessen. In dem im SO am weitesten vom Querschlag entfernten, wieder oberflächennahen Grubenteil sind die Hohlräume dick versinternt. Es sind aber im alten Versatz Spuren einer Nachuntersuchung, teilweise wieder versinternt, aufgeschlossen. Sie stehen offensichtlich mit jüngerer Bergbautätigkeit, vor dem systematischen Abbau durch die Lauriongesellschaft in Verbindung. Dazu gehört vermutlich auch ein Holzkohlenfund unter einer Sinterdecke in einem »hellenistischen« Ort. Das alte Vorrichtungssystem ist noch erahntbar, es war offensichtlich ebenfalls als Pfeilerbau organisiert, doch hat man zwischen den einzelnen rechteckigen Abbaufeldern (Pfeilern) wohl in erzarmen Bereichen Bergfesten stehengelassen. Korrespon-

dierend zum oben mitgeteilten Befund sind in »osmanischer« Zeit diese Pfeiler teilweise geraubt worden und unergiebige Feldörter der alten Zeit nachgerissen und untersucht worden (Taf. 88, 1). Im nach Westen anschließenden Grubenteil sind Blindschächte und alt ausgeerzte Gruben (wohl »byzantinisch«) durch den modernen Bergbau aber stark überprägt. Die Weitungen sind bis zu 3 m hoch. Hier bestehen mit teilweise tonnlägigen Feldörtern und Querschlägen Verbindungen zum nördlichen Stollensystem.

Die westlichste Grube ist gegen eindringendes Wasser durch eine niedrige Steinmauer geschützt. Der Abbau macht einen nachlässigen Eindruck, die wenigen Stempel haben einen Querschnitt von rund 8 cm. In den Abbauzechen finden sich teilweise 3,5 m breite, 90 cm hohe Örter mit je drei geschlagenen Bohrlöchern an der Firste und knapp über der Sohle. Die Ulme sind nicht sauber beräumt, antike Strecken sind teilweise in der Firste zu erahnen. Frischer Verbruch innerhalb von zwei Wochen.

(d) Nach Aussage eines Dorfbewohners sind in der Gegend keine Schlacken bekannt.

(e) Außer Ruinen der Lauriongesellschaft, bestehend aus einem Betriebsgebäude mit Dachziegelresten mit fabrikmäßiger Stempelung (Schachtgräberschmetterling), einem abgezäunten Schacht oberhalb der Stollen und einer Tonrohrwasserleitung Richtung Altinoluk wurden keine älteren Reste gefunden. Eine detaillierte

TG 12 Doyran-Altınoluk

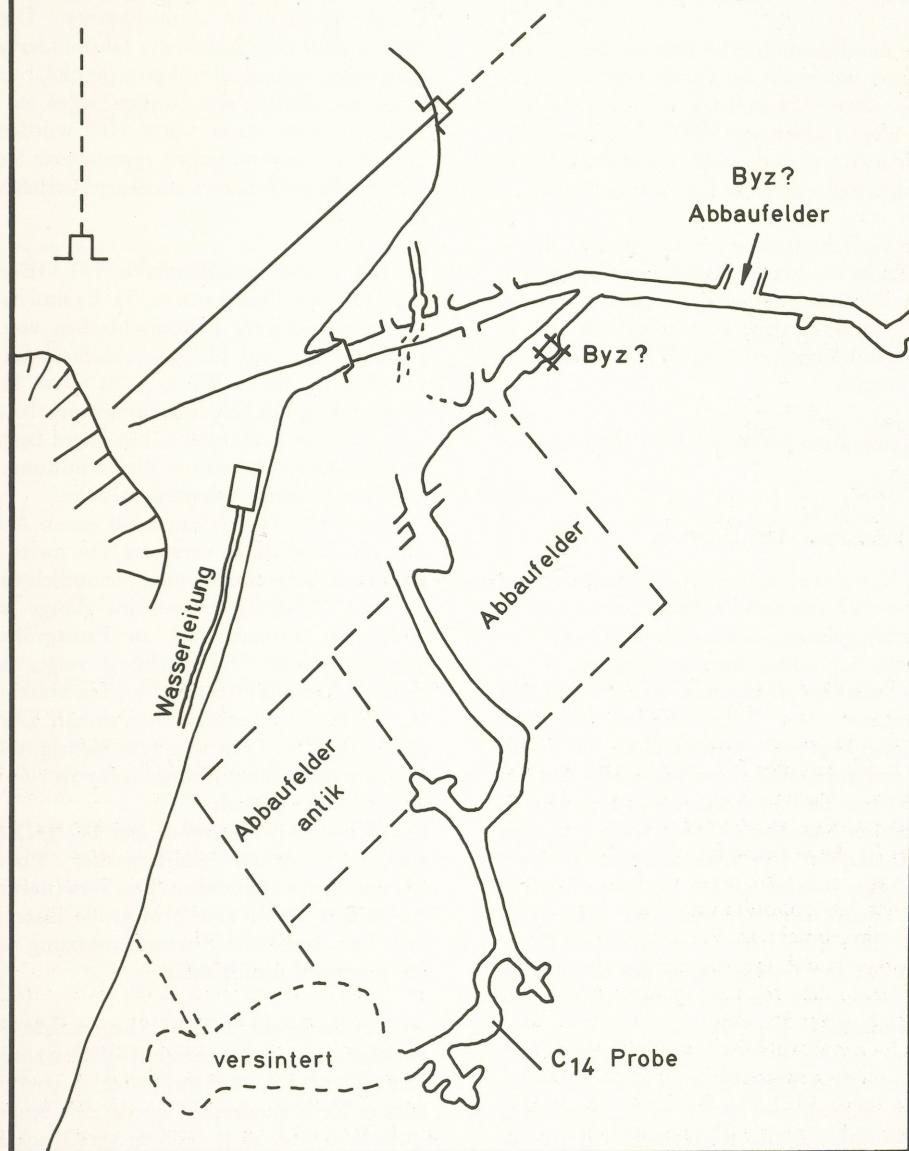


Abb. 2 Altınoluk, Lageskizze.

archäologische Aufnahme dieser Gegend wurde von Cook¹⁷ durchgeführt. Er beschreibt Troja I- und IV-zeitliche Keramik aus der Umgebung von Altınoluk, gibt aber nicht die genaue Fundstelle an.

TG 13 Handeresi, Prov. Balıkesir

(a) Das Bergwerk von Handeresi liegt direkt unterhalb der Landstraße Havran-Kalkim im bewaldeten Tal des Handeresi-Baches.

¹⁷ J. M. Cook, The Troad. An archaeological and topographical study (1973) 266 ff.

(b) Das Vorkommen Handeresi-Maden stellt eine Blei-Zink-Lagerstätte kleineren Umfangs dar. Die Vererzung tritt in einer Glimmmer-schiefer-Folge auf und wird als kontaktmetasomatisch angesehen (s. Anm. 16). An Erzmineralen sind zu finden: Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit und – untergeordnet – Kupferkies.

(c) Der aktive Bergbau auf Blei besteht aus drei Stollen, die in den Hang unterhalb der Landstraße vorgetrieben sind. Eine ältere Abbauphase ist möglicherweise im und über dem südlichsten Stollenmundloch vorhanden, die jedoch wegen des relativ großen, rechteckigen Stollenquerschnitts nicht früh anzusetzen ist.

(d) Unter der Auffahrtsrampe zur Landstraße, direkt am Ufer des Baches, ruht eine verschüttete Schlackenhalde. Die tellerförmigen Schlackenfladen besitzen obsidianartig-glasige Textur, sind spezifisch schwer und tragen Ausblühungen grüner und blauer sekundärer Kupferminerale.

(e) Keine archäologisch relevanten Beobachtungen.

TG 14 Karaaydin, Prov. Balikesir

(a) Das Dorf Karaaydin, antiker Name Argyria, liegt ca. 3 km südwestlich von Kalkim. In der unmittelbaren und weiteren Umgebung südwestlich des Dorfes finden sich mehrere Schlackenplätze und Gruben. Dieser Distrikt wird auch »Simirlıkurşun«, was silbriges Blei bedeutet, genannt. Der Schlackenplatz TG 14B (Karaaydin Köy) liegt auf einem Steilhang am nordwestlichen Rand des Dorfes. Der Schlackenplatz TG 14C (Burçaktarlaşı) besteht aus einem ca. 1 ha großen Feld auf der Südseite des Baches Döçemedere, ca. 2 km südwestlich Karaaydin. Der Schlackenplatz TG 14D (Gavurkaçtı) liegt noch einige km bachaufwärts und nördlich des Baches am Forstweg. Der Bergbaudistrikt TG 14E (Bıçkiyeri) liegt zwischen C und D, ca. 3 km südwestlich von Karaaydin, an der bewaldeten südlichen Talflanke des Baches. Diese Stelle wurde bereits 1975 besucht (≈ TG 14A).

(b) Die Vererzung bei TG 14E ist in einer Marmor-Schiefer-Folge angelegt und kommt schichtgebunden im Marmor sowohl lagig als auch linsenförmig vor. Es sind zu finden: Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Kupferkies, Arsenkies, Baryt, Limonit und sekundäre Kupferminerale.

Die Entstehung des Vorkommens wird als hydrothermal angesehen (s. Anm. 16) und mit einer granodioritischen Intrusion in Bezug gesetzt.

(c) Zahlreiche Bergbauspuren finden sich an der Stelle TG 14E. Ein mindestens 100 m langer, aufrecht begehbarer Stollen gehört zum aufgelassenen Bergbau, der hier um die Jahrhundertwende umging. Die französische Firma, die auch in Balya tätig war, hat ursprünglich hier ihren Betrieb begonnen (s. Anm. 14, S. 79-

80). Im Stollen sind zwei frühere Schrägschächte, deren Mundlöcher verstürzt sind, und eine ca. 25 m lange alte Strecke angeschnitten. Diese ist in Vererzungszonen gehauen, mit unregelmäßigen Weitungen, die mit Pfeilern aus groben Steinblöcken abgestützt sind. An den Wänden der Strecke finden sich viele Gezähespuren und Abbautaschen. Diese Strecke gehört nicht zum Abbau der Jahrhundertwende, sondern einer wesentlich früheren (antik?, byzantinisch?) Phase an. Weitere alte Gruben liegen am selben Talhang ca. 300 m bachabwärts. Hier wurden 5 bis 15 m über dem Talgrund sieben verschüttete Stollenmundlöcher und ein weiteres am gegenüberliegenden Hang beobachtet.

(d) Die kleine Schlackenhalde TG 14B enthält 400-600 t auf einer Fläche von ca. 3 a. Es sind hauptsächlich schwarze, schwere Plättenschlacken von etwa 5 cm Durchmesser und blasige Schlacken mit runzeliger Oberfläche, die in Blöcken bis 60 cm Durchmesser vorkommen. Die Schlacke enthält viele bis 2 mm große kugelförmige Einschlüsse. Ein 10 cm langer bleistiftdicker Bleizapfen beweist Bleiverhüttung. Die Halde enthält sehr wenig Ofenbruchstücke.

An der Stelle TG 14C sind auf einem Acker geringe Mengen an Schlagke verstreut. Die meist nußgroßen, dunklen Stücke entstammen vermutlich einer Bleiverhüttung. Daneben kommt eine glasige Schlacke mit hellblauen Schlieren bis zu Faustgröße vor. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, daß sie im wesentlichen aus Glas und Pyroxen besteht und kleine (ca. 10-20 µm) Eisenkügelchen enthält. Der Gesamteisengehalt (Tab. 1) ist aber sehr niedrig, so daß es sich eher um eine Glasmacherschlacke als eine metallurgische Schlacke handelt.

Das Schlackenvorkommen bei TG 14D besteht aus wenigen Stücken dunkelgrauer Plättenschlacke (0,5 cm dick) mit limonitischen Verwitterungskrusten. Außerdem wurde eine 2 cm große Eisenlinse gefunden. Die chemische Zusammensetzung der Schlacke liegt Eisenverhüttung nahe.

(e) Auf dem Feld (TG 14C) liegen viele Bruchstücke vor allem von dickwandiger Gefäßkeramik aber auch feiner Ware (Taf. 88,2) aus hellenistischer bis byzantinischer Zeit. Zusätzlich wurde eine Spinnwirbel aus Speckstein (Taf. 88,3) und eine verschlackte Tiegelfüllung von etwa 12 cm Durchmesser, die auch Holzkohle enthielt, gefunden. Die ^{14}C -Datierung dieser Holzkohle ergab ein Alter von 340 ± 45 Jahren (HD 8275-8456), das nach der dendrochronologischen Korrektur (s. Anm. 47) die Probe in die Zeit von 1480-1640 AD stellt.

TG 15 Gümüşler, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf Gümüşler erreicht man von der Fahrstraße Balya-Yenice abzweigend in 2 km Entfernung. Vom Dorf geht man zehn Minuten nach Nordwesten,

Probe	Lokalität	Beschreibung	SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	ZnO	As ₂ O ₃	Sb ₂ O ₃	CuO	PbO
TG 13c-1	Henderesi	dunkelgrau, kristallin	47,9	13,3	3,2	19,4	4,2	0,35	0,68	2,6	—	—	0,23	1,6	—
TG 14B-3	Karaaydin	plattig	32,2	48,4	2,4	1,9	—	0,18	—	0,2	1,9	0,34	0,02	0,49	2,3
TG 14C	Karaaydin	glasig, kugelf. Einschlufß	46,4	3,5	4,8	21,4	13,9	0,16	—	2,9	—	—	0,14	—	—
TG 14D	Karaaydin	glasig, limonitisch	9,8	66,1	2,5	5,8	—	0,17	0,78	0,2	—	—	—	0,12	—
TG 15C-1	Gümüşler	kristallin, glasig	23,6	53,0	2,3	7,1	—	0,26	0,57	0,3	—	—	0,23	0,18	—
TG 18H	Balya	kristallin, dicht	21,5	20,3	2,6	5,4	—	0,10	1,03	5,9	30,3	0,87	0,23	1,15	7,3
TG 18L-2	Balya	Fließschlacke	27,0	22,3	5,9	10,4	—	0,52	1,92	0,3	11,2	0,98	0,03	0,20	8,1
TG 18M	Balya	Fließschlacke, glasig	25,6	33,2	5,5	5,2	—	0,40	2,30	0,4	8,5	0,03	0,03	0,30	5,9
TG 18N-1	Balya	Fließschlacke, glasig	32,4	30,3	6,4	10,6	—	0,68	2,51	0,6	3,2	0,04	0,02	0,13	3,0
TG 18P-1	Balya	Fließschlacke, glasig	24,4	32,2	5,2	6,7	—	0,13	1,79	0,3	7,5	0,13	0,04	0,32	7,3
TG 18Q-1	Balya	plattig	29,1	32,1	6,1	8,8	—	0,49	1,89	0,4	7,0	0,02	0,03	0,53	1,8
TG 18S	Balya	plattig	37,8	28,4	7,8	6,1	—	0,56	3,50	0,4	7,0	0,01	0,01	0,22	2,6
TG 18T	Balya	plattig	29,0	31,7	5,6	7,8	—	0,40	2,30	0,4	9,5	0,03	0,03	0,30	2,8
TG 18U-1	Balya	kristallin, dicht	29,4	29,3	4,6	4,2	—	0,26	2,34	0,2	5,7	0,12	0,10	0,48	12,1
TG 18V	Balya	plattig	30,9	29,8	6,9	8,2	—	0,46	3,02	0,4	7,6	0,01	0,03	0,34	1,9
TG 18W	Balya	glasig, dunkel	18,4	39,2	4,1	15,8	—	0,26	1,70	8,3	—	—	0,01	—	—
TG 128C-8,1	Avçilar	glasig, dunkel	39,3	37,7	7,7	3,6	1,9	0,22	1,87	0,3	0,02	0,01	—	1,19	—
TG 130A-2	Güre	hell, blaue Schlieren	50,6	3,5	6,6	15,2	4,2	0,61	2,88	11,1	—	—	0,04	—	—
TG 130A-4,1	Güre	plattig	45,6	28,9	5,7	10,2	0,2	0,36	2,38	0,2	0,2	0,09	0,08	0,30	6,6
TG 133-1,1	Doğançular	kristallin, glasig	45,8	40,0	2,9	2,6	—	0,02	0,59	2,0	—	0,01	0,01	1,56	—
TG 133 B-1	Doğançular	glasig, dunkel	43,2	39,1	2,8	0,9	2,8	0,11	0,95	2,8	0,3	0,02	—	1,80	—
TG 133 B-2	Doğançular	glasig, kugelf. Einschlüsse	39,4	40,7	3,3	1,4	3,3	0,19	2,70	1,0	0,8	0,02	0,01	2,01	0,05
TG 133 F	Doğançular	dichte Knollen	42,8	32,0	7,3	7,0	—	0,13	1,43	0,6	0,04	0,03	0,01	1,40	—
TG 136	Camurt	Fließschlacke	45,0	26,2	9,4	4,2	2,5	0,23	1,96	1,5	0,04	—	—	2,00	—
TG 138 A-4	Yuvalar	kristallin, dicht	18,4	60,3	1,5	0,3	—	0,06	0,15	0,1	1,4	—	—	1,67	—
TG 139 A-1	Kurşunlu	kristallin, große Blasen	15,8	58,2	3,5	5,1	0,1	0,39	0,78	0,4	—	—	—	0,05	—
TG 142 B-2	Kozcağız	plattig	30,2	48,1	3,8	15,1	—	0,13	0,83	0,3	—	—	—	0,59	—
TG 142 D-4	Kozcağız	plattig	32,8	41,9	2,4	19,9	—	0,21	0,64	0,2	0,02	0,02	—	0,78	—
TG 142 G	Kozcağız	Fließschlacke	31,7	42,0	3,4	16,0	3,9	0,14	0,66	0,8	—	—	—	0,74	—
TG 145 C-2	Küserlik	Fließschlacke	16,0	61,7	3,3	4,2	—	0,42	0,89	0,3	—	—	—	0,01	—
TG 147 B	Kıraçoba	glasig, dunkel	19,9	54,3	5,6	0,3	—	0,09	0,69	6,3	—	—	—	—	—
TG 149 B-4	Yasır	kristallin, glasig	44,4	7,2	12,8	19,3	3,2	1,64	2,04	0,6	—	—	—	0,14	—
TG 150	Arapuçandere	glasig, weiße Einschlüsse	43,9	9,2	5,3	6,0	—	0,29	2,36	0,3	0,4	0,02	0,04	0,88	21,4
TG 153 B-1	Soğukpinar	kristallin, glasig	38,7	20,9	3,4	19,3	2,2	0,13	1,39	0,2	7,6	0,28	0,03	0,39	1,8
TG 154 A	Keles	dicht	42,6	24,9	2,7	19,7	—	0,06	0,86	0,7	0,02	—	—	0,88	—
TG 154 E-1	Keles	kristallin, grünlich	43,1	34,7	4,7	6,6	—	0,14	1,63	0,2	0,3	—	—	1,71	0,07
TG 155 D-1	Gümüşköy	kristallin, dunkel	25,8	36,7	2,9	1,4	—	0,06	1,30	22,9	1,5	0,12	0,05	—	2,8
TG 156 B	Tahtaköprü	glasig	37,5	28,0	3,4	24,0	—	0,03	0,48	0,6	—	—	—	0,83	—

Tab. 1 Zusammensetzung (in Prozent) von Schlacken verschiedener Lokalitäten in Nordwestanatolien.

zu einem mit Sträuchern bewachsenen Bachriß mit Bergbauspuren am Hang.

(b) Die Geologie wird von einer Phyllitschieferfolge bestimmt. Häufig sind stark verquarzte Bereiche zu erkennen. Die Schiefer sind intensiv verfaltet. Die verquarzten Partien sind vererzt und weisen Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Bornit, Pyrit, Covellin, Malachit, Azurit und Fluorit auf. Der Bleiglanz ist gut auskristallisiert und zeigt z.T. Würfel mit 1 cm Kantenlänge.

Die Vererzung ist gangförmig angelegt und hydrothermaler Entstehung (s. Anm. 16).

(c) Die Bergbauspuren bestehen aus vier Stollen und einem Schacht, die alle wegen Wasserführung nicht begangen werden konnten. Die frischen Erzhalde bezeugen jungen Abbau, der erst vor wenigen Jahren aufgelassen wurde. Ein weiterer Stollen (0,9 m hoch und 2 m lang) etwas oberhalb im Bachriß ist nach 1 m mit Versatz verfüllt und gehört möglicherweise einer früheren Abbauphase an (Taf. 89,1).

(d) Im Bachbett unterhalb des Dorfes wurden einige Stücke graugrüner Fayalitschlacke gefunden. Die Oberfläche der Stücke ist stark gerundet und abgeschliffen, entweder durch langen Transport im Bach oder durch lange Lagerung. Sie enthalten weniger als 0,1% Kupfer und stehen möglicherweise gar nicht mit dem Bergbau in Zusammenhang.

(e) Keine archäologischen Reste.

TG 16 Kurttaşı, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf Kurttaşı liegt ca. 20 km nördlich von Yenice. Hier befindet sich westlich und unterhalb des Dorfes in 400 m NN am landwirtschaftlich genutzten Hang ein Tagebau.

(b) Eine tektonisch stark beanspruchte Schieferfolge ist von einem Störungssystem durchzogen. Im Störungsbereich steht eine Schieferbreccie an. Die Breccie ist stark verquarzt und vererzt. Die Erzminerale sind Bleiglanz, Pyrit, Kupferkies, Zinkblende, Bornit. Das Erz zeigt z.T. einen rhythmischen Aufbau. Das Vorkommen wird als hydrothermale Vererzung angesehen, die an das Störungssystem gebunden ist.

(c) Im Hang ist ein ca. 50 m breiter und 20 m hoher, stillgelegter Tagebau eingelassen. An drei Stellen sind in der Wand Nischen festzustellen, bei denen es sich möglicherweise um ältere gehauene kurze Strecken handelt.

(d) Keine Schlackenfunde.

(e) Keine archäologischen Funde.

TG 17 Sofular, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf Sofular liegt ca. 15 km nördlich von Yenice. Die Grube befindet sich in einem Bachriß ca. 1,5 km östlich des Dorfes.

(b) In einem intensiv gefalteten Schiefer findet sich ein ca. 1,5 m breiter vererzter Gang. Er fällt ca. 70° SW ein. Die Vererzung führt Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Malachit, Azurit und Calcit. Eine hydrothermale Entstehung des Vorkommens ist wahrscheinlich.

(c) Entlang einer Ganzvererzung sind zwei 15 m tiefe Schächte angelegt (s. Anm. 14, S. 81). Die jetzt ersoffenen Schächte sollen vor ungefähr 25 Jahren aufgelassen worden sein.

(d) Keine Schlackenfunde.

(e) Keine archäologischen Funde.

TG 18 Balya, Prov. Balıkesir

(a) Balya ist heute eine Kleinstadt ca. 30 km westnordwestlich der Provinzhauptstadt Balıkesir. Sie ist das Zentrum des größten Erzbergbaudistrikts in Nordwestanatolien. Hier wurden zwischen 1880 und 1935 etwa 400 000 t Blei, 1000 t Silber und 3 t Gold gewonnen (s. Anm. 14). In jener Zeit wurde ein ausgedehntes Grubennetz angelegt. Die bis zu 300 m tiefen Gruben sind größtenteils ersoffen. Schlackenhalde von 400 000 t und verfallene Werksanlagen (Taf. 89,2) zeugen von dieser Blüte Balyas.

Eine Reihe archäometallurgisch interessanter Punkte wurde näher untersucht. Sie sind in der Planskizze in Abb. 3 eingezeichnet: TG 16D Sarısu-Stollen, TG 18E Orta Mägara-Schacht, TG 18F Melisse-Stollen, TG 18G Südhang des Kızıl Tepe, TG 18H Schlackenhalde mit Gebäuderesten, TG 18I Erzproben von einem Bohrkern (nicht in Abb. 3 eingetragen), TG 18L bis TG 18Q Schlackenplätze, TG 18R Açırlık Tepe, TG 18S bis TG 18V Schlackenplätze, TG 18W Asarkale Tepe.

(b) Balya Maden ist die bedeutendste Blei-Silber-Lagerstätte auf der Biga-Halbinsel.

Permotriassisches Kalksteine, als Olistostrome im unteren Lias gedeutete Kalkblöcke (s. Anm. 16), Sandsteine, Tonsteine und Arkosen stehen im Kontakt zu mesozoischen Daziten. Diese Kontaktzone fällt mit 60° nach Westen ein. Durch neogenen Vulkanismus ist es erneut zu einer Förderung von Daziten und Rhyolithen gekommen. Die Entstehung der Vererzung wird als hydrothermal-metasomatisch gedeutet (s. Anm. 14), wobei die Erzbildung in mehreren Phasen erfolgt sein dürfte. Als Erzminerale kommen Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerz, Kupferkies, Auripigment, Realgar, Malachit, Azurit vor.

Die äußere Form der Vererzung ist unterschiedlich.

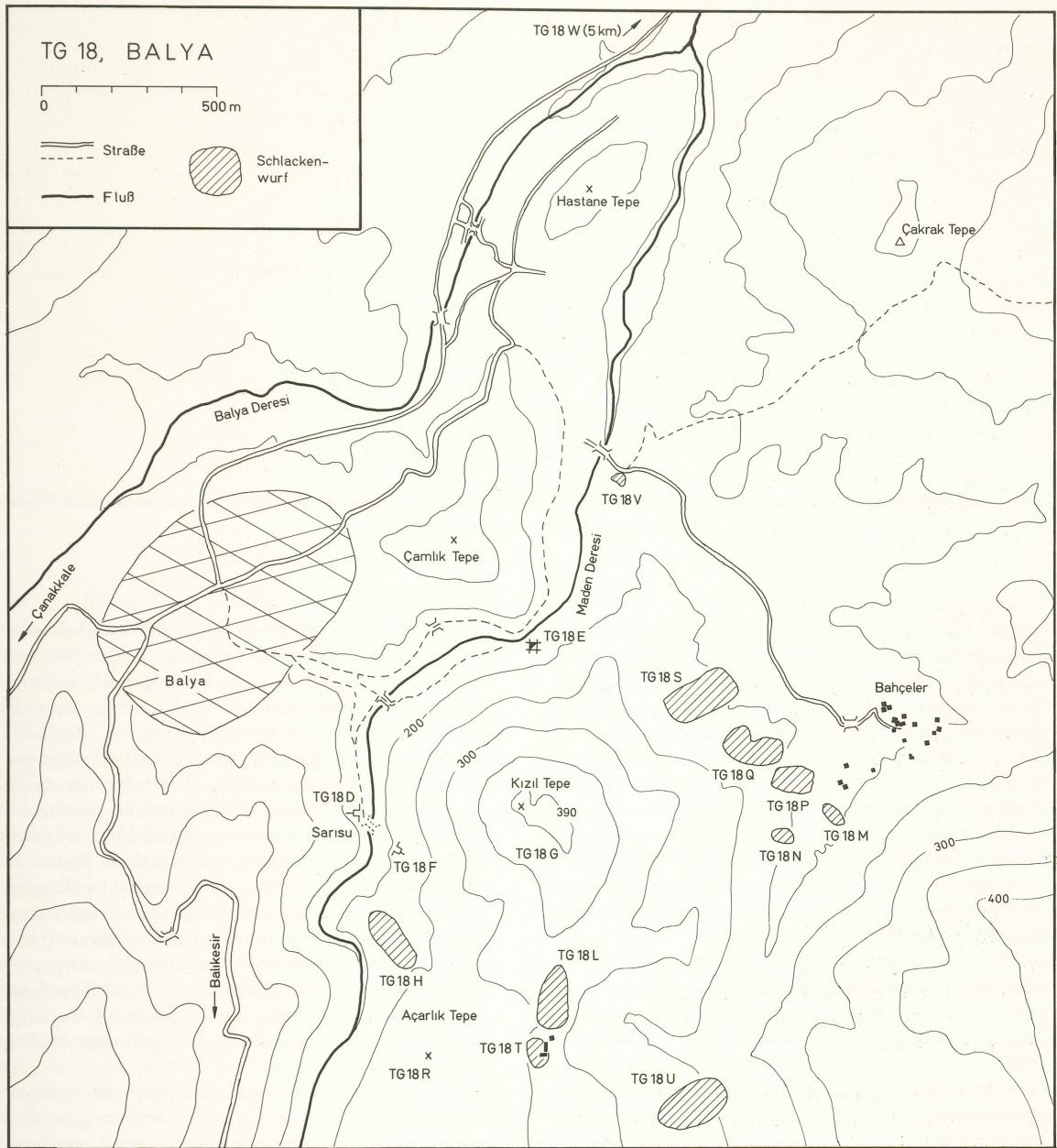


Abb. 3 Planskizze des Kızıl Tepe.

Mächtige, gangförmige, vererzte Bereiche mit hauptsächlich Bleiglanz befinden sich im Kontaktbereich des mesozoischen Dazits zu den älteren Sedimenten. Große Erzlinsen im Kalkstein führen im wesentlichen Bleiglanz und Zinkblende, untergeordnet Pyrit. In den neogenen Vulkaniten sind Erznester mit Bleiglanz und Zinkblende ausgebildet. Auch kommen hier Bereiche mit hauptsächlich Pyrit und – untergeordnet – Kupferkies vor.

(c) Der Bergbaudistrikt von Balya teilt sich in vier

Hauptreviere auf: Karaça Mağara, Koca Mağara, Sarisu und Kızıl Tepe mit den beiden Hauptstollen Ari Mağara und Orta Mağara. Die Hauptstollen der ersten beiden Reviere wurden befahren. Sie sind aber nach etwa 20 m verstürzt. Im Koca Mağara ist alter Abbau wahrscheinlich, aber nicht gesichert.

Im Sarisu-Stollen (TG 18D) kommt man 1 km westlich vom Mundloch in einen modernen Abbau, der noch vor 15 Jahren betrieben wurde. Von diesem Abbau wurde eine sehr sorgfältig gehauene Strecke mit rechteckigem Querschnitt (90 x 60 cm) und ein rechteckiger

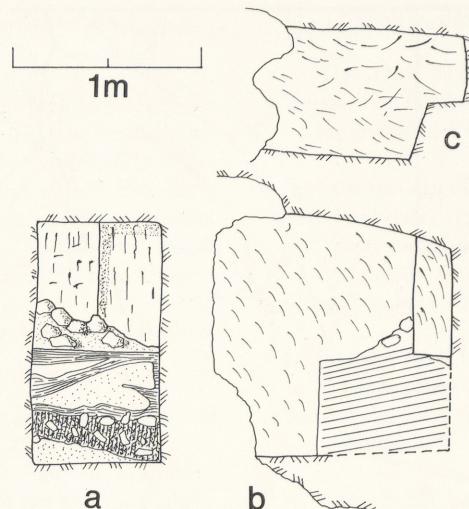


Abb. 4 Ortsbrust eines antiken Vortriebes. – a Ortsbrust mit Profil des eingeschwemmten Versatzes. – b Linker Uml mit Spuren leicht bogig geführter Spitzarbeit. – c Firste mit Gezähespuren.

Schacht (190 x 90 cm) angefahren. Die Schlägel- und Eisentechnik lässt einen kaiserzeitlichen Abbau vermuten (Taf. 89,3). Die Mundlöcher dieses antiken Grubenbezirks sind vermutlich am Rande des heutigen Wohngebietes von Balya zu suchen.

Der Orta Mağara (TG 18E) wird derzeit wegen einer möglichen Wiederaufnahme des Betriebes ausgepumpt. Das ermöglichte eine Befahrung der sogenannten Nullstrecke, also der obersten Etage des modernen Bergbaus. Dabei wurden aber keine alten Abbauspuren gefunden. Offensichtlich war der alte Abbau auf die Bereiche oberhalb des Grundwasserspiegels des Madendere beschränkt.

Im Melisse-Stollen TG 18F ist nach 190m gegen NO ein großer, zusammenhängender, älterer Grubenkomplex in mehreren Etagen aufgeschlossen. In der lokalen Bergbautradition werden diese Teile als »Genueser Stollen« bezeichnet. Anlässlich mehrerer Befahrungen konnte ein vorläufiger Eindruck gewonnen werden, wobei sich mindestens fünf, durch Wiedergewältigung und Aufschließungsspuren erkennbare Phasen in stratigraphisch eindeutiger Überlagerung ergeben. Der Melisse-Stollen selbst stammt in der heutigen Form aus der Zeit der Lauriongesellschaft. Ortsstöße mit Bohrlöchern sind ebenso erkennbar wie großzügig eingebrachter Versatz, der zumeist annähernd waagerecht planiert ist.

Kleinere, zumeist unregelmäßige Schrämspuren und englichtige Auffahrungsstrecken, z.T. in stark zerrütteten tauben Nebengesteinspartien geführt, lassen sich davon unterscheiden. Die Streckenquerschnitte sind annähernd rechteckig, jedoch nur in gebückter bis

kniender Haltung befahrbar. Charakteristisch ist eine annähernd rechteckige scheibenmäßige Unterfahrung der Sohle, die in Abständen von einigen Metern versuchte, eventuelle Erzreste unter der Sohle aufzufahren, was offensichtlich ohne Erfolg blieb. Die Stöße weisen oftmals rundliche bis ovale Untersuchungsspuren auf, Lampennischen sind in diesen Streckenteilen nicht erkennbar. Zeitlich lassen sich diese Spuren am ehesten der Bergbauphase unter Sultan Mehmed, dem Reformer, seit 1849¹⁸ oder jünger zuordnen. Brunnenartige Blindschächte zwischen den einzelnen Etagen, besonders aber Nacharbeiten an der Firste älterer Einbäume, sowie Strecken mit hochelliptischem Querschnitt sind als nächstältere Untersuchung nachgewiesen. Wie in anderen Bergbaureviere¹⁹ sind diese Spuren der »byzantinischen« Zeit zuzuweisen. Es kann sich hier also um die sogenannten »Genueser« Stollen handeln (Taf 89,4).

Die Spuren in Balya lassen erkennen, daß in dieser Phase kaum mehr Erzkörper in der Grube angetroffen wurden, doch läßt sich dies bei der nachhaltigen jüngsten Tätigkeit nicht mit voller Sicherheit behaupten. Wesentliche Vorrichtungsarbeiten stammen von wiederum älterer Tätigkeit mit waagerecht geführten Strecken von sauberem rechteckigem Querschnitt und einer Normhöhe von 130cm bei einer Breite von zumeist 90 cm (Abb. 4,a). Ulme und Firste zeigen leicht bogig geführte Spitzarbeit von fast steinmetzartigem Charakter (Abb. 4,b-c). Abbaustöße scheinen so vorbereitet worden zu sein, daß man zwei senkrechte, rund 20cm tiefe Schlitzschräme mit einem weiteren horizontalen Schram an der Basis verbunden hat.

¹⁸ T. Wiegand, Reisen in Mysien. Athen. Mitt. 39, 1904, 254-339; bes. 271.

¹⁹ Ähnliche Grubenanlagen wurden von uns auf Thasos und im Kassandra-Distrikt (Chalkidike) beobachtet.

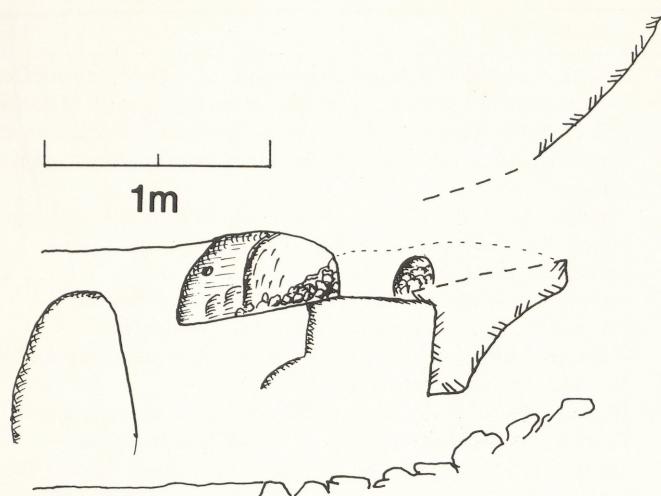


Abb. 5 Skizze des Grubentiefsten im Melisse-Stollen (TG 18F). Die vorantike Strecke kommt von rechts oben zur Bildmitte, wo antiker Bergbau mit einer Querstrecke löcherte.

Die Stirnfläche dieser Partien wirkt dabei wie mit einem Bergeisen tief aufgeprellt. Man hat dabei wohl, wie bei der Steinbrüchertätigkeit, quaderförmige Blöcke loszubrechen versucht. Die Ortsbrust in Untersuchungsstrecken ist in senkrechten Scheiben abgebaut (Taf. 89,5,6); normalerweise wird der Vortrieb bis zur Mitte geführt und offensichtlich die stehengebliebene Scheibe dann von der Seite aus nachgerissen. Auch hier läßt sich an der stehengebliebenen Scheibe die aufgeprellte Oberfläche gut erkennen, während die Brust der weiter vorgetriebenen Strecke sauber gesetzte senkrechte Spitzarbeit zeigt (s. auch Abb. 4, a). Die Firste zeigt sowohl in Richtung der Strecke als auch nach links und rechts geführte leicht bogige Schläge (s. auch Abb. 4, c). Nach Vergleichen mit obertägigen Funden läßt sich dieser Abbau in die archaische bis hellenistische, eventuell auch in die römische Kaiserzeit datieren. Ein größerer Teil der Abbauräume mit waagerechtem Verhieb und mit stehengebliebenen, ursprünglich im Querschnitt rechteckigen Sicherheitspeilern ist in diese Abbauphase zu stellen²⁰.

Als älteste Spuren lassen sich steil in die Lagerstätte führende Gesenke erkennen, die oftmals spiralförmig gewunden in die Tiefe führen und zumeist nur schließbar sind. Sie haben meist unregelmäßig ovalen Querschnitt und sind wohl teilversetzt. Die Stöße sind stark verwittert (Taf. 89,7), so daß sich eine deutliche Schlägel-Eisentechnik nicht erkennen läßt (wenn sie vorhanden gewesen sein sollte). Verwitterung und Grubenschmand lassen auch nicht erkennen, ob Feuersetzen angewandt wurde; Holzkohlenreste liegen nicht vor. Besonders instruktiv ist das Grubentiefste an

einer Stelle, wo antiker Bergbau mit seiner Querstrecke löcherte, wiederum byzantinisch und jünger überprägt (Abb. 5). Im dem hier hereingerollten Versatz lag auch ein verwitterter Erzbrocken; im Hintergrund war nach der Schrämetechnik wiederum eine antike Nachuntersuchung zu erkennen. Dieser rund 9 m von der Streckenführung des Melisse-Stollens aus nördlich liegende Grubenbau reichte noch 8 Höhenmeter über die Sohle befahrbar hinauf. Die dort steil zur Tagesoberfläche weiterziehende Strecke mit rund 1 m Umlabstand und einer unregelmäßigen Bauweite von rund 5 m wurde aus Zeitgründen nicht weiter verfolgt. Hier einfliegende Fledermäuse lassen ahnen, daß das Gesenk auch heute noch Verbindung mit der Tagesoberfläche hat.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß der Erzkörper im Melisse-Stollen von der Oberfläche bis in eine Tiefe von rund 100 m abgebaut wurde. Die älteste Phase ist offensichtlich vorantik.

Querschlägige antike Auffahrungen, scheibenweiser Abbau in mehreren Etagen, die über das ältere als Verbindungsspindel benutzte Gesenk vorgerichtet wurden, sind in byzantinischer Zeit und jünger nachuntersucht worden. Es bleibt vorläufig unklar, wie tief die antike Abbausohle unter den Melisse-Stollen reichte und ob nach der Antike in diesem Grubenteil noch nennenswert Erz gefunden wurde. Noch vor dem Anschlagen des Melisse-Stollens wurde die Grube vermutlich in byzantinischer Zeit von einem Gesenk aus dem Süden, das bei der Zimmerung im Melisse-Stollen endet, befahren. Hereingerolltes und geschwemmtes Lockermaterial, das ein antikes Ort teilweise zusedi-

²⁰ G. A. Wagner u. G. Weisgerber, The ancient mine of Aghios Sostis on Siphnos (Greece). Proc. 18th Int. Symp. on Archaeometry. Archaeophysika 10, 1979, 209-222.

Lokalität	Menge	Beschreibung
TG 18 H	5000-10000 t	Plattenschlacke (0,5-2 cm dick); blasige Fayalitschlacke mit Cerussitnestern und teilweise starker Limonitisierung, faustgroß, gelegentlich Malachitüberzug; grüngraue, glasige Schlacke, nußgroß; vereinzelt Speise und Ofenkeramik
TG 18 L	Streufunde 5-20 t	fayalitische Schlacken, plattig und blasig bis schaumig; viele Keramik- u. Ziegelbruchstücke
TG 18 M	50-100 t	fayalitische Plattenschlacke, blasige Schlacke mit Einschlüssen von Blei; am höchsten Punkt der Halde Hausgrundriß (7 x 10 m)
TG 18 N	Streufunde	graugrüne fayalitische Schlacke
TG 18 P	1000 t	fayalitische Plattenschlacke; blasige Schlacke, faustgroß
TG 18 Q	1000 t	vorwiegend blasige Schlacke; wenig Plattenschlacke
TG 18 S	2000 t	fayalitische Plattenschlacke, vorwiegend haselnußgroß; viel Schlackengrus; wenig blasige und glasige Schlacke
TG 18 T	Streufunde	blasige fayalitische Schlacke und Plattenschlacke; viele Ziegel
TG 18 U	500 t	vorwiegend fayalitische Plattenschlacke, haselnußgroß
TG 18 V	500 t	plattige Fayalitschlacke mit viel Bleiweiß-, seltener Malachitüberzug

Tab. 2 Schlackenvorkommen in der Umgebung des Kızıl Tepe.

mentierte, stammt wohl aus den letzten Untersuchungsphasen. Dabei fand sich ein fast unverwitterter Bleiglanzbrocken.

Weitere Grubenbaue sind zwischen dem Mundloch und der befahrenen Grube sowie 40 m tiefer im Berg sichtbar, aber nicht mehr begehbar.

Auf dem Südhang des Kızıl Tepe liegen mindestens 37 englichtige Gesenke und kleine Schächte mit zumeist rechteckigem Querschnitt (Abb. 6). Sie sind zum Teil befahrbar und stammen vermutlich aus der Antike. Besondere Bedeutung kommt auch einem großen Tagebau (Taf. 90,1) mit einer künstlichen Höhlenweitung zu, da hier deutlich korkenzieherartige Gesenke der ersten Bergbauphase angeschnitten sind (Taf. 90,5). An den Wänden des Tagebaus sind gelegentlich angesprengte Strecken mit Gezähespuren und Lampennischen einer der älteren Phasen zu sehen.

(d) Rund um den Kızıl Tepe wurden neben den 400 000 t vom neuzeitlichen Betrieb 10 Schlackenvorkommen gezählt, von denen 8 als regelrechte Halden (Taf. 90,2) mit insgesamt 15 000 t bezeichnet werden können. In allen Fällen handelt es sich um Bleiverhüttung, wie die Analyse zeigt (Tab. 1). Gelegentlich haben die Schlacken einen grünen Anflug von sekundären Kupfermineralen (besonders bei TG 18H). Dies trifft man auch bei Bleischlacken nicht selten an²¹, da die meisten Bleilagerstätten auch Kupferminerale führen. Insgesamt ist aber in Balya kein Anzeichen für Kupferverhüttung gefunden worden.

Obwohl die durchschnittliche Schlackengröße von Halde zu Halde etwas variiert, ist die chemische Zusammensetzung aller Schlacken von Balya recht einheitlich. Dies deutet darauf hin, daß sie im großen

und ganzen aus einer Abbauphase, vermutlich der antiken, stammen. Die Geländebeobachtungen von den Schlackenvorkommen rund um den Kızıl Tepe sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Auf dem Westhang des Asarkale Tepe (TG 18W) wurden ebenfalls einzelne verstreute Schlackenstücke gefunden. Es sind schwere, blasige Fayalitschlacken von einer Eisenverhüttung.

(e) Mit den archäologischen Zeugnissen des Bergbaudistrikts von Balya hat sich Wiegand am ausführlichsten auseinandergesetzt (s. Anm. 18). Er meinte, den Bergbaubereich am Kızıl Tepe selbst mit dem antiken Pericharaxis identifizieren zu können. Auf dem Südhang des Kızıl Tepe sind zwar Besiedlungsspuren – Verebnungen mit verstreuter, grober hellenistischer Ware (Abb. 7) – zu erkennen, aber diese Reste entsprechen eher einer antiken Werksiedlung. Hinzu kommt, daß am Rande dieser Siedlungsfläche eine beträchtliche Menge verstreuter Schlacke zu finden ist (TG 18L, siehe Abb. 3), was ebenfalls für eine Werksiedlung spricht.

Die bei Wiegand beschriebenen Gräber konnten nicht mehr gefunden werden. Doch ist zu erkennen, daß durch die Lauriongesellschaft erhebliche Mengen an Aufbereitungsrückständen angefallen sind, so daß die alte Oberfläche meterhoch verschüttet und verdeckt wurde.

Auf einem flachen Rücken (TG 18H) westlich und unterhalb des Açıklär Tepe (s. Abb. 6) liegen auf rund 240 m NN Mauerreste, bei denen mindestens zwei Bauphasen zu erkennen sind: Zunächst eine ältere Bauweise mit kantengerundeten Orthostaten²² und aufgesetzten kleinteiligeren Trockenmauern und be-

²¹ E. Pernicka, Chr. Lutz, H. G. Bachmann, G. A. Wagner, Chr. Elitzsch u. E. Klein, Verhüttung auf Siphnos. In: Silber, Blei und Gold auf Siphnos – Prähistorische und antike

Metallproduktion. Der Anschnitt Beih. 2 (Hrsg. G. A. Wagner u. G. Weisgerber; im Druck).

²² Zur Problematik der Orthostatenbauweise und der zeitli-

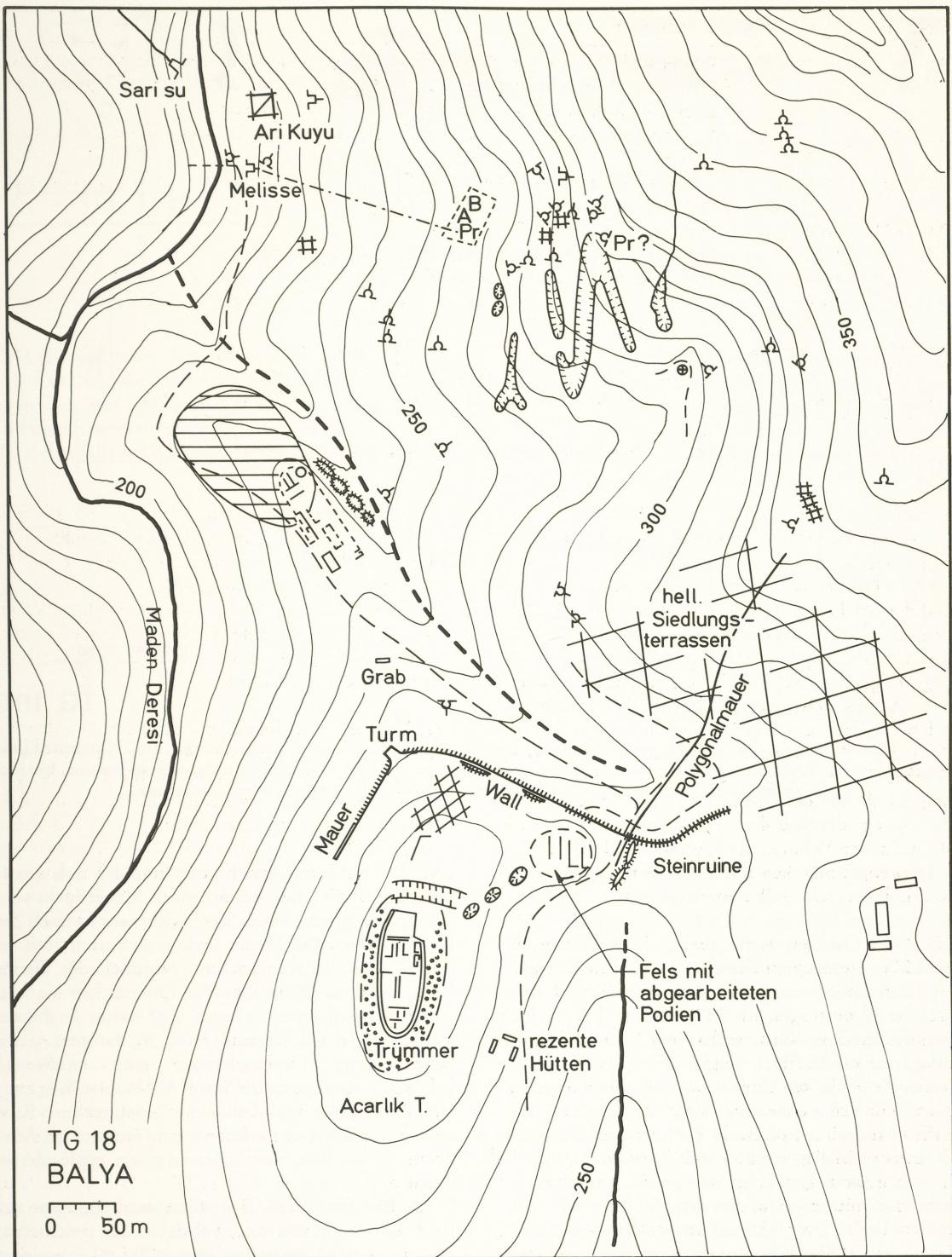
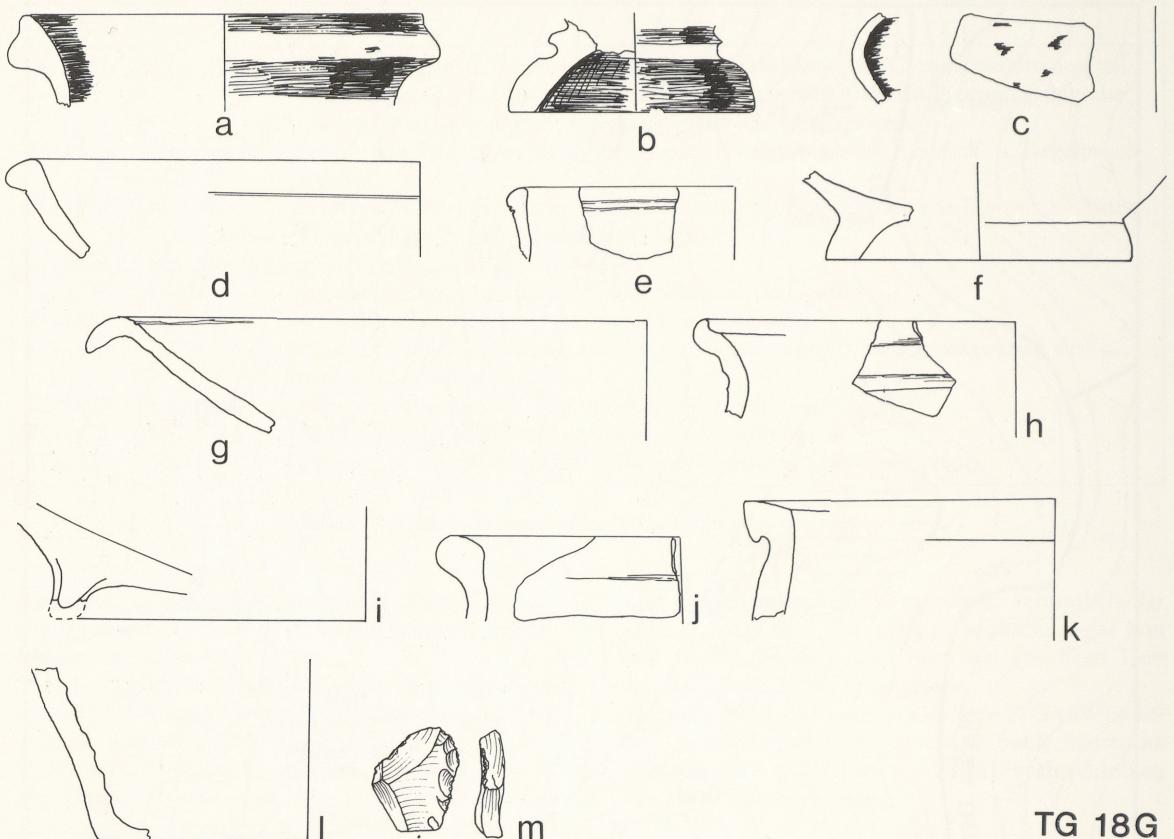


Abb. 6 Planskizze des Bergbaugebietes von Balya.

chen Einordnung vgl. auch W. Radt, Siedlungen und Bauten auf der Halbinsel von Halikarnassos unter besonderer

Berücksichtigung der archaischen Epoche. Istanbuler Mitt. Beih. 3 (1970)



TG 18G

Abb. 7 Keramik und ein Silexabschlag vom Südhang des Kızıl Tepe (TG 18G). – a-e Rosa bis rötlicher Ton, schwarzer Firnis, hellenistisch. – f-k Rötlicher oder grauer seifiger Ton, teilweise kaiserzeitlich. – l Graubraun sandgemagert, drehrau, byzantisch-hochmittelalterlich. – m Ein derber rötlicher Silexabschlag mit Gebrauchsretuschen.

sonders hangseitig im Südosten ein rechteckiger Mauerunterbau aus sehr sauber gesetzten Quadern, die bis zu drei Scharen hoch erhalten sind (Taf. 90,3). Auch dieses Gebäude muß mehrphasig sein, da an die Mauern im Süden und Westen innen eine schlechter ausgeführte Mauer mit 1,1 m Breite eingesetzt ist, sich die Gesamtbreite somit auf 2,2 m beläuft. Im Bereich dieses Grundrisses liegen außer einer dünnen Schlackenlage zahlreiche Dachziegelbruchstücke (Abb. 8) einer eindeutig korinthischen Deckung ohne Zierelemente²³. Der Ruinenbezirk zieht sich entlang des Rückens und war durch einen Weg in zwei Baublöcke mit gestaffelten Fassadenfluchten getrennt. Der heutige Pfad führt südlich außerhalb des Bezirks vorbei. Wenn man von diesen Ruinen den Hang zum Açıkarlık Tepe hochgeht, trifft man auf 280 m NN eine Mauer an, aus der das Fundament eines Steinturmes mit trapezförmig sich nach außen verjüngenden Seiten vorragt. Die Trockensteinmauer ist roh geschichtet. Ent-

lang der beiden äußeren Kanten befinden sich sprossenartig aus der stark einziehenden Mauerflucht vorspringende Bruchblöcke; das Fundament ist noch 2 m hoch erhalten. Die Mauer verliert sich nach 50 m im Süden einer Böschungskante. Nördlich des Turms biegt sie in die Höhenlinie im Quertälchen ein und läuft als stellenweise 2 m hoher Wall weiter. In diesem Bereich findet sich Keramik (Abb. 9), darunter neben hellenistischer Gebrauchsware auch oxidierend gebrannte, handgemachte Ware. Auf halbem Weg zwischen der Mauer und den vorhin beschriebenen Ruinen liegt mittler im Gesträuch eine rechteckige Ausnehmung im Fels, möglicherweise ein geplündertes Grab.

Die Höhe des Açıkarlık Tepe selbst wird von einer aus rohen und stark verwitterten Kalkblöcken errichteten, durchschnittlich 2 m breiten Mauer (Taf. 90,6) in einem langgestreckten Oval umgeben, dem eine breite Zone von Trümmerwerk hangabwärts vorgelagert ist (Taf.

²³ Die verschiedenen Dachdeckungsarten Kleinasiens am besten zusammengefaßt in Å. Åkerström, Die architektonischen Terrakotten Kleinasiens. Acta Inst. Athen. Regni

Sueciae, Series 4°, 11 (1966) 195 ff. Ein vorhellenistisches Alter der Anlage läßt sich vielleicht mit Ziegeln aus Assos stützen (ebd. 13 ff. und Abb. 5).

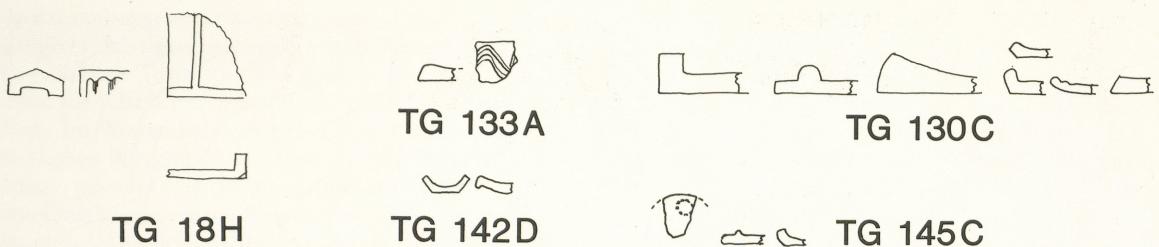


Abb. 8 Ziegelfragmente von verschiedenen Fundstellen in NW-Anatolien.

90,4). Ein sichtbarer Abschluß der Umfassungsmauer ist auf der ungedeckten Seite nach Norden hin nicht erkennbar, hier fehlt auch das Trümmerfeld gänzlich. Auffallend ist eine rechteckige Innenverbauung (Taf. 91,1), ebenfalls aus Kalksteinen mit starken Karrenbil-

dungen errichtet, die anhand von Mauerfluchten deutlich erkennbar ist. Die Podien der Innenräume liegen bis zu 30 cm tiefer, doch sind keine Türen ersichtlich; auch läßt sich kein Netz von Korridoren oder Gassen ausfindig machen. Zum Teil ist für die Mauerung,

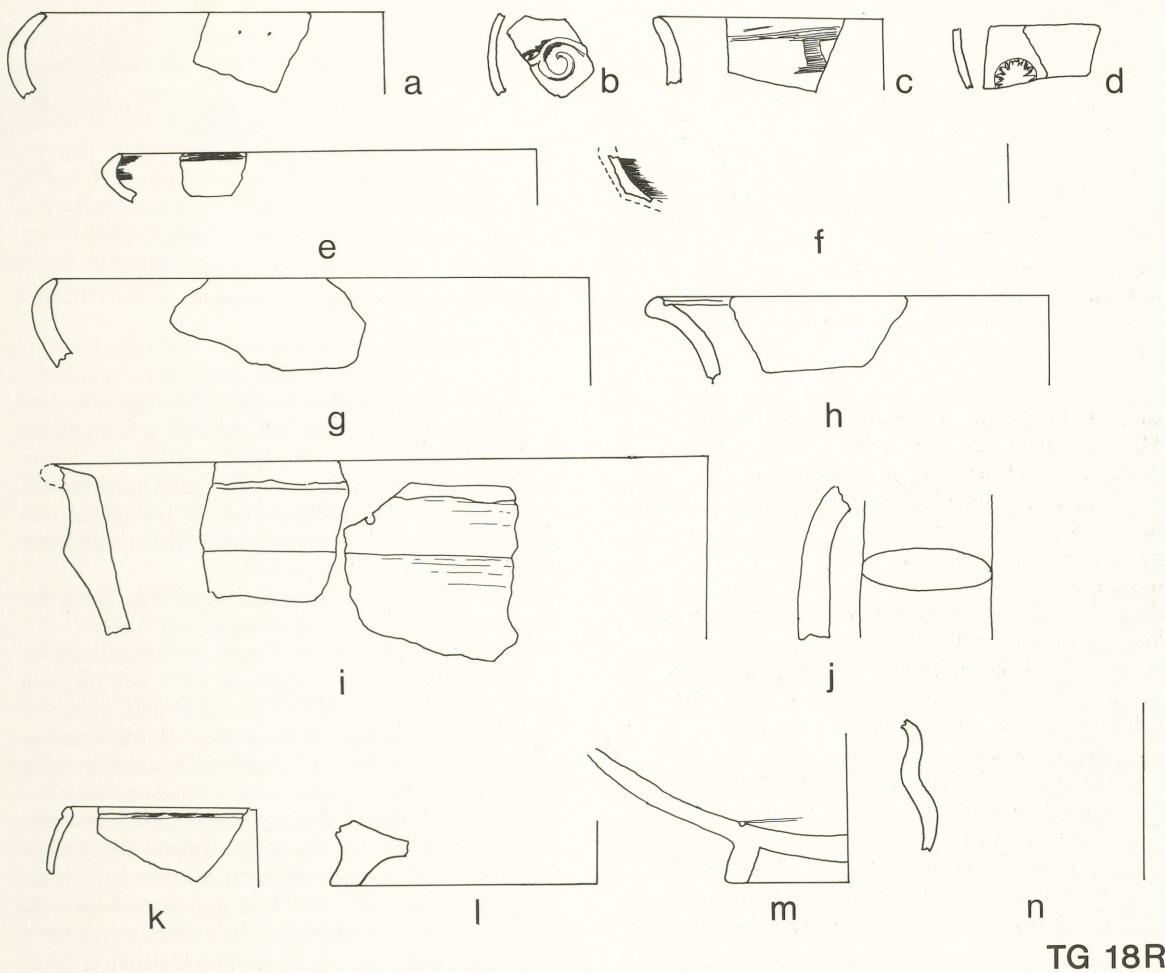


Abb. 9 Keramik vom Açıklık Tepe (TG 18R). – a Einzugrandschale, grauer Ton. – b Rosa Wandstück mit Barbotinespirale und schwarzen Firnisresten. – c Randstück, braun, seifig mit roter Mattmalerei, hellenistisch. – d Oranges Wandstück mit Stempelpalette, hellenistisch. – e-f Schalenrand, grauer Ton, Oberfläche rosa mit schwarzen Firnisresten und eben solches Wandbruchstück. – g-k Gelbliche, seifige Ware, z.T. mit Quarzmagerung. – l-n Rötliche bis rosa, seifige Ware.

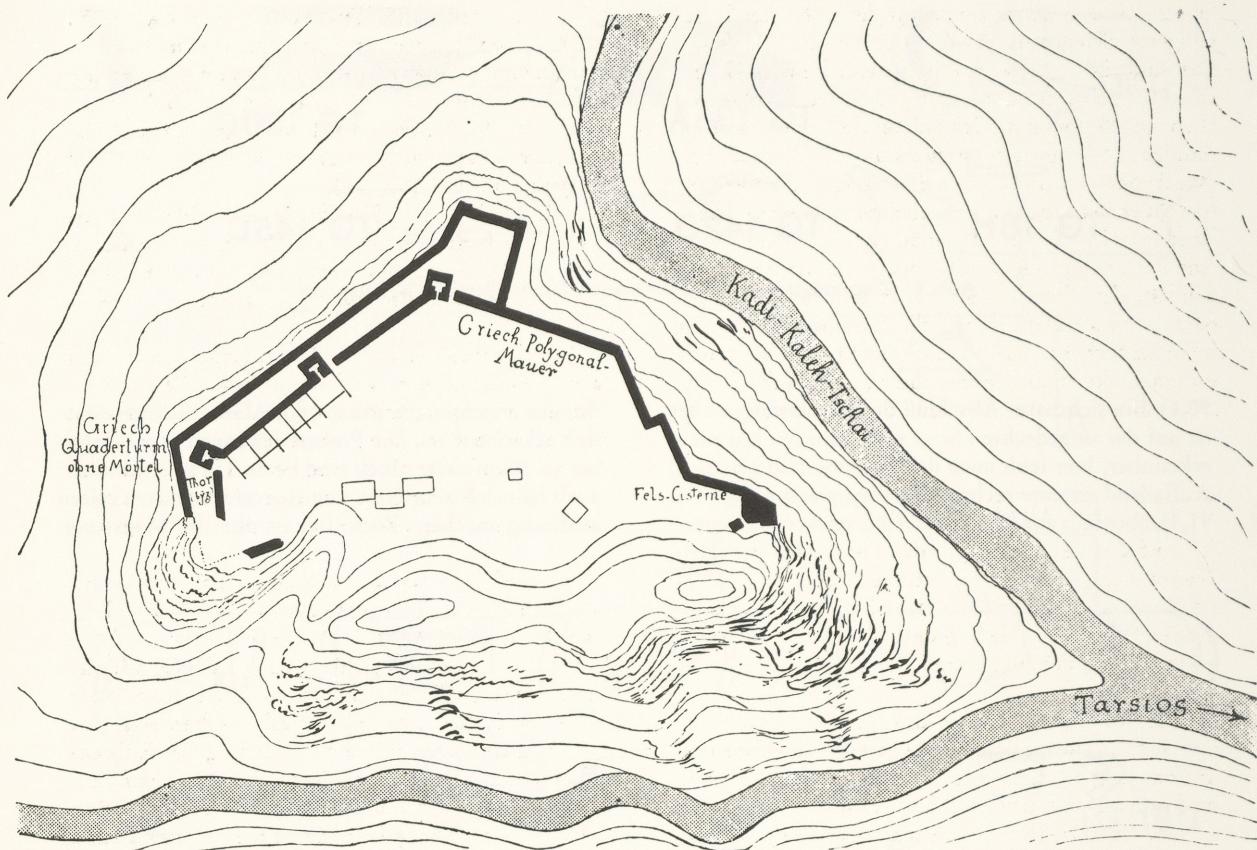


Abb. 10 Planskizze der Befestigung auf dem Asarkale Tepe (nach T. Wiegand, s. Anm. 18).

besonders am Gipfel im Süden bei einem Querriegel, der Felsen mit ausgenutzt. Die Steinblöcke sitzen bei allen Mauern nicht mehr satt auf, sondern wackeln teilweise, was auf die starke Erosion zurückzuführen sein dürfte. Die Innenfläche ist nahezu fundleer, eine Wandscherbe stammt von einer groben handgemachten Ware aus rötlichbraunem Ton. Man kann sich des Eindrückes nicht erwehren, daß eventuell auf der N-Seite (also in Richtung hellenistischer Siedlungsspuren) Mauern abgetragen und die Steine anderweitig benutzt wurden. Der spärlich gebildete Boden ist völlig ausgetrocknet, weist kaum Pflanzenwuchs auf und wird deutlich auch heute noch von jedem Windstoß ausgeblassen. Diese extreme Erosion bewirkte offensichtlich ein starkes Auswaschen der Mauersteine und ein Zerfallen der Innenmauern. Im NO der Anlage liegen einige auffällige Trichter im Gelände, die möglicherweise als Pingen anzusprechen sind. Einige Höhenmeter tiefer weist eine vollständig ausgeblasene, waagerecht liegende Felsplatte Eintiefungsspuren mit erkennbaren Grundrissen auf, die ebenfalls auf Bebauung hindeuten.

Das antike Pericharaxis ist vermutlich rund 5 km nördlich von Balya, am Zusammenfluß von Kocaçay und Kadıköydere, am Asarkale Tepe (Taf. 91,2) zu lokal-

sieren. Wiegand beschreibt diese Befestigungsanlage als Wegekastell (s. Anm. 18). In dessen Umgebung sind im Gelände Limitationsreste zu erkennen, die im wesentlichen auf die schon von Wiegand beschriebene Brücke im Tal des Kocaçay (Taf. 91,3) fluchten und sich deutlich von den rezenten Schafhürden mit ihrem polygonalen Grundriss abheben.

Von der Talaue aus wurde der westseitige Hang der Wehranlage bestiegen und dabei in den Äckern zahlreiche kaiserzeitliche Reste, Ziegel, Terra Sigillata splitter beobachtet. Das Fundgelände zieht sich bis zum Sattel, wobei hier durch Erosion zahlreiche, im anstehenden Fels angelegte Wohnpodien sichtbar waren. Der Aufstieg zu dem als byzantinisch beschriebenen Turm führt über weitere solche Fundamente ohne markant erkennbaren Weg, der offensichtlich der steil abfallenden Ostflanke des Berges folgte. Die Anlage selbst ist von Wiegand recht treffend skizziert worden (Abb. 10). Am Alter der Anlage besteht kaum ein Zweifel, da neben islamischer glasierter Ware – besonders im Bereich einer als Trichter im Gelände erkennbaren Zisterne – byzantinisches, hellenistisches und wohl auch älteres Fundmaterial erkannt werden konnte. Die Befestigungsmauer ist mit Sicherheit mehrphasig. Die Basis der vorgelagerten Türme

besitzt sauber gesetzte Bossenquader, auf denen kleinteiligeres Schalenmauerwerk mit Gußkern aufsitzt. Der südliche Turm wurde in neuerer Zeit als Unterstand für Schafhirten benutzt und teilweise aufgebrochen. Im Westen befindet sich an der Basis ein altertümliches Polygonalmauerwerk in der Umfassungsmauer; obenauf sind die Schalenmauern durch verrottete Querhölzer zusammengehalten. Schon aus diesen Baudetails lässt sich unschwer erkennen, daß es sich um eine kleine, nur auf der Akropolis ummauerte Stadt handelt, die offensichtlich bis in byzantinische Zeit bewohnt war. Die offene hellenistische Siedlung lag offensichtlich im Westen und Süden außerhalb und unterhalb der Stadtmauer, während die römerzeitliche Erweiterung sogar die Talniederung erreichte.

TG 19 Alibey Adası, Prov. Balıkesir

(a) Auf der Insel Alibey Adası, die man über den Damm von Ayvalık erreicht, liegt auf der flachen Landbrücke zwischen den beiden bergigen Inselteilen der Grubenbezirk. Die Vegetation besteht aus Küstengräsern und kniehohem Strauchwerk.

(b) Die Vorkommen auf der Insel Alibey Adası befinden sich in einer Serie von Daziten, Andesiten und Tuffen. Die vulkanogenen Gesteine sind gangförmig hydrothermal vererzt. Bei den Erzmineralen handelt es sich hauptsächlich um Eisen- und Manganoxide. Jedoch kommen auch etwas Bleiglanz, Zinkblende und Pyrit vor.

(c) Die Bergbaureste bestehen aus zwei ca. 20 m tiefen rechteckigen Schächten, Halden, mehreren Schürfgräben und einigen verfallenen Gebäuden; Reste eines in jüngster Zeit aufgelassenen Bergbaus.

(d) Außer einigen Tonnen rezenter Bleiverhüttungsschlacken neben einem verfallenen Betriebsgebäude wurden keine Verhüttungsreste gefunden.

(e) Keine archäologischen Reste.

TG 128 Avcılar, Prov. Balıkesir

(a) Das Dorf Avcılar ist leicht von der Küstenstraße Ezine-Edremit aus zu erreichen. In den von Oliven- und Obstbäumen bestandenen Hügeln finden sich südwestlich des Dorfes Bergbaureste am Horoztaşı (TG 128A) und in der Schlucht des Atandros Deresi, auch Geyik-Çukur-Dere genannt (TG 128B). Ein Schlackenvorkommen (TG 128C) findet sich am Karakazandere, 15 Minuten zu Fuß westlich des Dorfes.

(b) Ein kleineres Blei-Zink-Vorkommen ist bei TG 128A ausgebildet in einer Kontaktzone von Hornfels, Kalkstein und Granodiorit, in die ein Dazit intrudiert ist²⁴. An Erzmineralen wurden Bleiglanz, Zinkblende, Magnetit, Kupferkies und Pyrit abgeschieden. Die Vererzung wird auf die tertiäre dazitische Intrusion zurückgeführt (s. Anm. 14).

Bei TG 128B in einer Schiefer-Marmor-Wechselfolge zeigt der Schiefer dünne, konkordante, vererzte Bänder mit Bleiglanz, Zinkblende und Pyrit. Die Erzminerale sind fein miteinander verwachsen.

(c) Der Bergbau bei TG 128A besteht aus einem 20 m langen, höhlenartigen Stollen mit kurzen Seitenstrecken und einer Halde mit ca. 50 t Erz. Bei TG 128B sind, nur wenig über dem Bach, zwei verstürzte Stollen (ca. 2 m hoch und breit, 10 m lang, wasserführend, Holzstempel) in den Hang vorgetrieben. An beiden Stellen handelt es sich um rezenten, aufgelassenen Bergbau.

(d) Westlich von Avcılar, zwischen dem Karakazandere und dem Kozlukdere liegt in einem Olivenhain eine Halde von 1000-4000 t Kupferschlacke. Dort kommen nuß- bis kopfgroße, graue, an der Oberfläche stark runzelige Fayalitschlacken und leichtere, stark blasige Schlacken mit schwarzglasiger Oberfläche vor. Verschlackte Ofenwand und reichliche grobe Röhrenkeramik sowie feine Gefäßkeramik liegen auf dem Schlackenplatz verstreut. Die Geologie der Gegend ist sehr abwechslungsreich: Quarzite, Amphibolite, schwarze Kalksteine, weiße Kalksteine, Konglomerate, Quarzporphyre und Meta-Vulkanite sind im Bachbett angeschnitten. Eine graue Fayalitschlacke mit wenig Blasen, mit einem Quarziteinschluß und Malachitüberzug (TG 128C-8.1) enthält folgende Phasen: Fayalit, Pyroxen, Magnetit, metallische Kupferkügelchen und Neodigenit (s. Taf. 95,1).

(e) Auf der Schlackenhalde TG 128C liegen einige Bruchstücke vermutlich hellenistischer Keramik.

TG 129 Tahtaköy, Prov. Balıkesir

(a) Von der Küstenstraße Ezine-Edremit kommend, liegt ca. 70 m NN nahe des Weges zum Dorf Tahtaköy ein Stollen im Hang mit Buschwerk.

(b) Granodioritische Intrusionen haben zur Bildung einer Kontaktzone geführt. Im Hornfelsbereich ist eine kleinere Vererzung mit Bornit, Kupferkies, Malachit, Hämatit und sekundären Kupfermineralen angelegt.

(c) Der Bergbau besteht aus einem 10 m langen, höh-

²⁴ G. v. d. Kaaden, Geologische und lagerstättenkundliche Forschungen im Raum von Edremit (Unveröffentlichter MTA-Bericht, Ankara 1956).

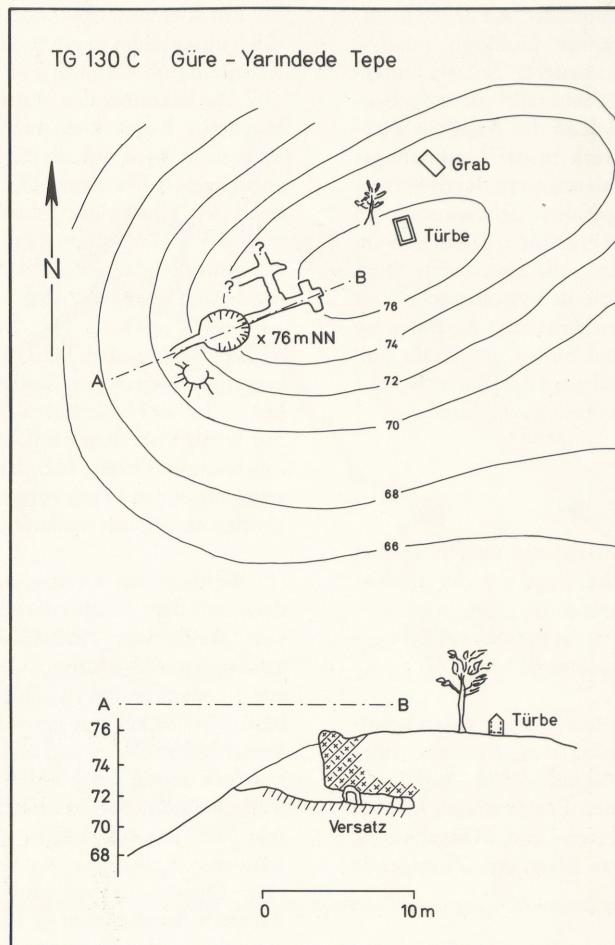


Abb. 11 Planskizze der Bergbauspuren auf dem Yarindede Tepe (TG 130C).

lenartig geweiteten Stollen (verbrochen, Holzstempel), der sicherlich in rezenter Zeit angelegt und aufgelassen wurde.

(d) Keine Schlackenfunde.

(e) Keine archäologischen Reste.

TG 130 Güre, Prov. Balıkesir

(a) Das Dorf Güre liegt etwa 10 km östlich von Avcılar (TG 128) und ist ebenfalls leicht von der Küstenstraße Ezine-Edremit aus zu erreichen. Am südwestlichen Dorfrand und teilweise in das Wohngebiet hinein erstreckt sich eine große Schlackenhalde (TG 130A). Vom Dorfzentrum führt eine schmale Straße Richtung Osten zu einem Friedhof. Etwa 200 m nördlich davon ist eine kreisrunde Vertiefung (TG 130B) bis zu 5 m und 30 m Durchmesser im Gelände zu erkennen, die möglicherweise durch Tagebau entstanden sein könnte. Etwa 100 m östlich von TG 130B ist der Yarindede

dede Tepe (TG 130C), ein sanfter, 10 m hoher Hügel zu sehen. TG 130D und TG 130E liegen 2 km weiter östlich in der Nähe des Dorfes Kızılkeçeli, und zwar auf dem östlichen Hang des Tales, das vom Kızılkeçeli Çeşme durchflossen wird, etwa 30 m (TG 130E) und 100 m (TG 130D) über dem Talgrund.

(b) Die Vorkommen von TG 130B und TG 130C befinden sich im Eisen-Hut-Bereich einer Vererzung, die in einem Glimmerschiefer liegt. Der Glimmerschiefer ist dem Kazdağ-Kristallin zuzuordnen.

Das Vorkommen bei TG 130B ist wegen Bodenbildung nur anhand von Lesefunden auszumachen. Die Erzminerale sind Hämatit, Limonit, Pyrit und untergeordnet Arsenkies, wobei die Vererzung nur mäßig ausgebildet ist.

Die schwach ausgebildete Vererzung bei TG 130D+E befindet sich in einem Kontaktbereich Marmor-Granatfels, hervorgerufen durch eine granodioritische Intrusion. Die Mineralisation setzt sich zusammen aus Hämatit, Magnetit, Scheelit, Pyrit, Granat, Epidot, Diopsid, Calcit, Quarz.

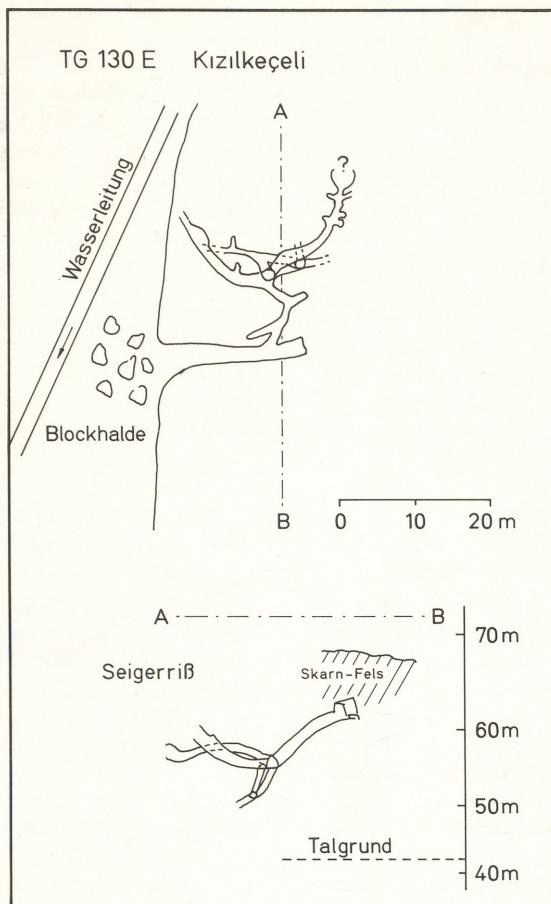


Abb. 12 Planskizze der Grube Kızılçeçeli (TG 130E).

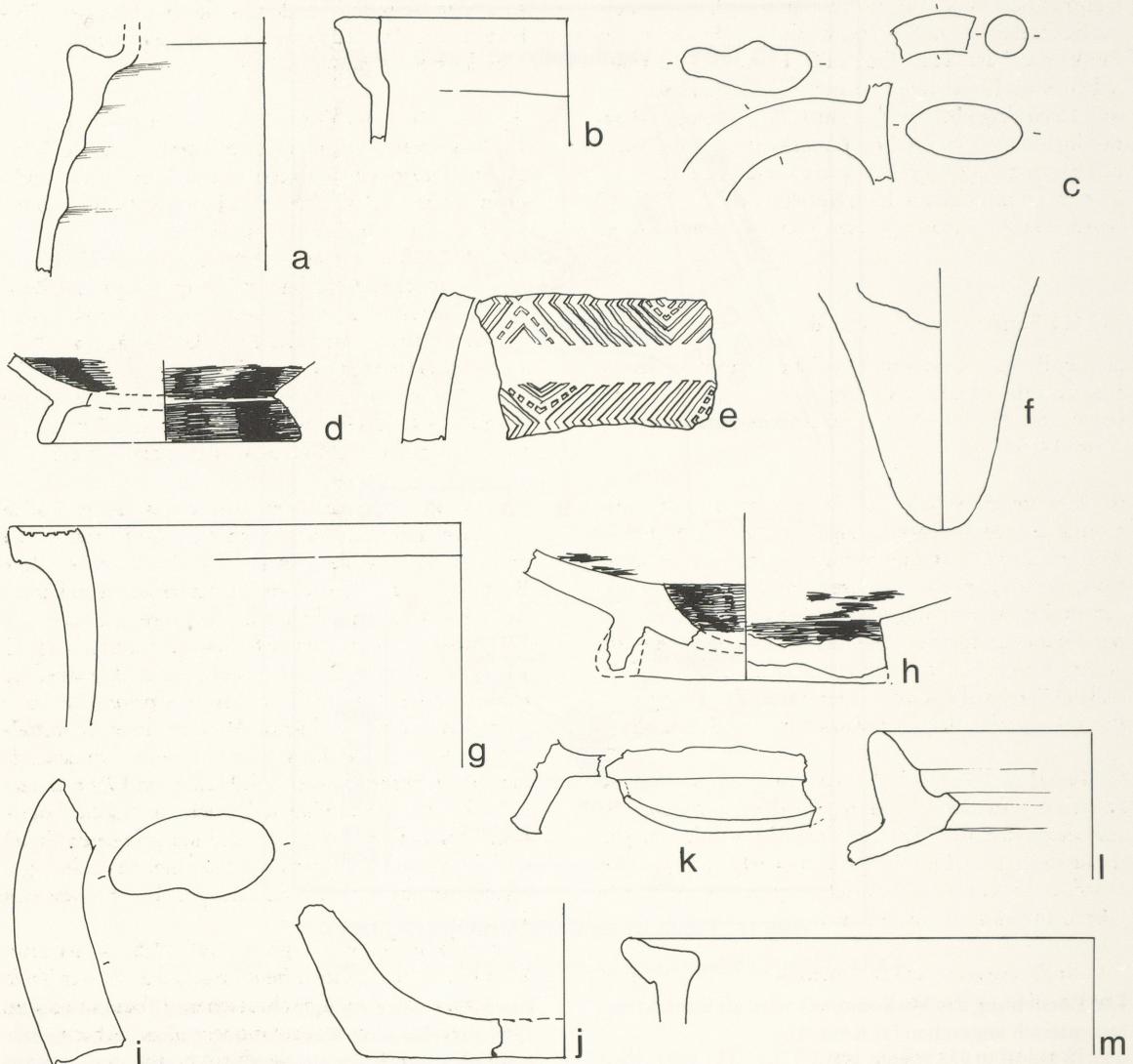
Die Entstehung des Vorkommens wird als kontaktmetasomatisch angesehen (s. Anm. 16).

(c) Alter Bergbau ist bei TG 130B nicht gesichert. Die Bergbauspuren bei TG 130C (Abb. 11) bestehen aus einer annähernd kreisrunden Pinge (ca. 5 m Durchmesser) auf der Höhe der Geländekuppe. Von der Pinge führt eine niedrige Kriechstrecke mit einer rechtwinkeligen Verzweigung nach Nordwesten, an den Enden wieder mit kreuzförmiger Verzweigung, ebenso in der Hauptrichtung der Kriechstrecke ins Innere. Ob die geringen, heute noch begehbareren Grubenreste durch Versatz unzugänglich sind, oder ob es sich nur um einen minimalen Abbau in einer kleinen Vererzung handelt, lässt sich nicht entscheiden. Dem Typus nach sind sie hellenistisch, doch sind jüngere Abbauversuche nicht auszuschließen, da die Grube heute noch befahrbar ist.

TG 130D ist eine 8 m tiefe Trichterpinge, von der eine verzweigte Kriechstrecke horizontal wegführt. Die Strecke hat einen rechteckigen Querschnitt von 90 cm Höhe und 60 cm Breite. An den Stößen sind Gezähespuren und Lampennischen erhalten. Die Grubenanlage erinnert an antiken Abbau.

Etwa 70 m tiefer verläuft oberhalb des Talgrundes eine 1958 ausgebesserte Wasserleitung entlang einer niedrigen Felswand, in der ein rezentes Mundloch eines kurzen Untersuchungsstollens oben mit halbrundem Querschnitt liegt (Abb. 12). Im Stollen steil abwärts führend ist eine Kriechstrecke mit rechteckigem Querschnitt aufgeschlossen, die Verbindung zu drei knapp übereinanderliegenden, ebenfalls kriech- oder schliefbaren Querschlägen in beide Richtungen aufweist. Diese besitzen kurvige Verlauf. Der oberste führt nach Westen wieder in Tagnähe, wie erdiger Verbruch, Wurzeln und Spinnennetze darten (alter Zugang?). Es zeigen sich tiefe vierkantige Pickelhiebe in relativ weichem Gestein. Nach den rechtwinkeligen kurzen Abzweigungen scheint es sich um antike Abbautätigkeit zu handeln. Spätere Überarbeitung ist nicht ausgeschlossen, doch nicht besonders deutlich auszunehmen. Sicher ist mit der modernen Auffahrung und Wiedergewältigung auch eine Untersuchung verbunden gewesen.

(d) Das Schlackenvorkommen TG 130A (Taf. 90,7) wird auf etwa 30000 t geschätzt. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß Teile der Halde bei der Errich-



TG 130

Abb. 13 Keramik von Güre Köy (TG 130A). – a Braun, Bruchstück einer Tonröhre. – b Braun, drehrau, mittelalterlich? – c Henkelbruchstücke, grau-rosa Ton, hellenistisch. – d Seifig, rosa, schwarzer Mattfornis, hellenistisch. – e Hellgrauer Ton, Oberfläche rötlich, Pithosbruchstück mit Rollräderverzierung. – f Amphorenende, rosa. – g Topfrand, rotbraun, hoch gebrannt, kaiserzeitlich. – h Schalenbruchstück, rosa, schwarzer Fornis, hellenistisch. – i-k Oranger, seifiger Ton, hellenistisch.

1 Flaschenrand mit Deckelfalz, rötlicher Ton, außen rot bemalt. – m Topfrand mit hängender Lippe, grau.

tung von Häusern und für den Straßenbau abgetragen worden sind. Heute stehen auf einem Großteil der von Schlacke bedeckten Fläche alte Olivenbäume und eine – nach Auskunft eines Dorfbewohners – 400 Jahre alte Platane am Dorfplatz neben einem Brunnen. Die Schlacke geht auf Bleiverhüttung zurück, wie eingeschlossene Bleikügelchen und die chemische Zusammensetzung (Tab. 1) zeigen. Der größte Teil besteht aus fayalitischer Plattenschlacke, gelegentlich kommen auch blasige Stücke und kleine Brocken von Speise vor. Dies deutet auf einen technisch ausgereif-

ten, gut kontrollierten Verhüttungsprozess. Eine grün-blaue, schlierige Glasschlacke ist eng begrenzt auf wenige Fläche verstreut. Sie enthält neben Glas einige Fayalit-Nester, metallisches Blei und Eisen. Derzeit ist noch unklar, welchem Prozeß dieser Schlackentyp entstammt.

(e) Besonders im südlichen Bereich von TG 130A liegen große Mengen von Keramik- und Dachziegelbruchstücken (Abb. 13). Auch bei TG 130C wurde Keramik gefunden, die ähnlich wie bei TG 130A

mehrheitlich hellenistisch bis kaiserzeitlich ist, aber auch mittelalterliche Stücke enthält. Auf dem höchsten Punkt des Yarindede Tepe (TG 130C) befindet sich neben einer Kiefer eine gemauerte, aber geöffnete Tür mit Dreiecksgiebel an den Stirnseiten, einige Meter nördlich davon in der Böschungskante ein mit Steinplatten ausgelegter, geplünderter Grabschacht. In der unmittelbaren Umgebung von TG 130D+E wurden keine archäologischen Zeugnisse beobachtet.

TG 131 Bergaz, Prov. Çanakkale

(a) Der Bergbau liegt inmitten dichten Buschwerks, ca. 1,5 km östlich des Ortes Bergaz (neuer Name: Gökçebayır), direkt südlich der Fahrstraße nach Ezine (s. Anm. 14, S. 76).

(b) Ein kleineres Blei-Zink-Vorkommen ist in einer Kontaktzone von Marmor angelegt. An einigen Stellen wurden diese Gesteine von syenitisch-andesitischen Gängen durchzogen. Die Vererzung steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit der Intrusion des Kestanbul-Granodiorits, der im Süden des Gebietes ansteht (s. Anm. 14). Das Vorkommen besteht aus hydrothermalen Gängen, die schwach vererzt sind mit Magnetit, Pyrit, Limonit, Bleiglanz, Zinkblende und Malachit.

(c) Innerhalb einer Fläche von ca. 2 ha wurden 10 Schächte gefunden, die unregelmäßigen Querschnitt aufweisen und bis 25 m tief sind. Dazwischen liegen flache Erzhalde. Der Bergbau soll nach Aussage eines Dorfbewohners auf Blei gerichtet gewesen und vor 25 Jahren aufgelassen worden sein.

(d) Nach Aussage eines Dorfbewohners sind hier keine Schlacken bekannt.

(e) Keine archäologischen Reste.

TG 132 Astyra, Prov. Çanakkale

(a) Rund 20 km südöstlich von Çanakkale verlässt man die Straße nach Çan, überquert den Kocaçay zwischen den Dörfern Terziler und Çiftlik bei einer Quelle und folgt der Erdstraße im Tal des Çiftlik Dere. TG 132A

liegt unmittelbar neben der Straße etwa 5 km von Çiftlik entfernt. TG 132B erreicht man nach weiteren 6 km derselben Straße folgend (Abb. 14).

(b) Die Mineralisation dieses Vorkommens bei TG 132A befindet sich in einer Serie brekziöser Schiefer, die von Daziten und Andesiten tertiären Alters durchdrungen ist (s. Anm. 15). Der junge Vulkanismus hat zu einer Pyritimprägnation geführt.

Bei TG 132B tritt in einer Folge dazitischer Tuffe und Laven neogenen Alters eine mächtige verquarzte Zone auf. Die Breite dieses hydrothermalen Ganges variiert zwischen 15 und 30 m. Das Einfallen beträgt ca. 60° W. Die dazitischen Laven und Tuffe sind im Bereich des Ganges stark kaolinisiert. Neben feinverteiltem Pyrit kommt Gold in gediegener Form vor. Die Goldflitter sind in den stark verkieselten Partien fein verteilt.

(c) TG 132A ist ein neuzeitlicher, abgesoffener Stollen mit einer Halde unterhalb der Straße. Unterhalb dieser neuzeitlichen Halde liegt eine Geländeschulter ohne Bewuchs und mit verstreuter Keramik. Möglicherweise handelt es sich hier um eine ältere Erzhalde. Unmittelbar unterhalb der Felsen des Kartalkaya (TG 132B) liegen nach Osten hin die offenen Tagbaue, die u.a. besonders Calvert²⁵ im vorigen Jahrhundert noch einmal auf Gold beschürfte. Mauerreste im unmittelbaren Bergbaubereich, ein von Norden her querschlägig aufgefahrener Stollen mit Halde rund 70 m unterhalb des Tagbaues, eine z.T. noch stockhohe Hausruine auf halbem Weg zum südlich gelegenen Sattel und die betonierte Staumauer eines hier ehemals angelegten Wasserreservoirs sind Zeugen dieser modernen Tätigkeit²⁶.

Der östliche Teil des Tagbaus (Taf. 91,5) ist als rund 20 m breite Spalte noch heute begehbar. In der Tiefe des etwa 80 m tief aufgeschlossenen Abbauraums sind die hölzernen Reste einer modernen Schachtauszimmierung zu erkennen; sie dürften mit dem vorhin beschriebenen querschlägigen Stollen zum gleichen Unterfahrungssystem gehören. Der ausgeerzte Grubenraum streicht mit alten Bergbauspuren rund 30 m in WNW-Richtung. Das Liegende ist oberflächennah überarbeitet und z. T. von Versatz oder Verbruch bedeckt. Im Osten setzen die Spuren unmittelbar in einem steinig-felsigen Grat ein, der sich mit einem tiefeingeschnittenen Tal im Osten verschneidet.

²⁵ H. Schliemann, Troja: Results of the latest researches and discoveries on the site of Homer's Troy (1884; Nachdr. 1976) 50. Schliemann erwähnt hier Calverts Konzession der Hohen Pforte auf 99 Jahre. Inwieweit sowohl die Gruben in »Astyra« = unterhalb des Kaletaş, als auch die von »Kremaste« am Kartalkaya von Calvert betrieben wurden, lässt sich aus der zugänglichen Literatur nicht überprüfen, zumal Calverts Originalartikel nur unter falscher Quellenangabe zitiert wird (vgl. W. Leaf, Strabo on the Troad [1923] 135, Fußnote: »Calvert's original publication is said to have been made in L'Orient, Revue franco-hellénique,

1889, 174; this I have in vain endeavoured to find»).

²⁶ Leaf (Anm. 25) 134 besuchte die Goldminen, erwähnt aber nur die von Kaletaş »... and the deposits are still being worked, rather spasmodically, by prospecting syndicates – at the time of our visit (1911), as we were told, without much success«, obwohl er offensichtlich auch Kartalkaya besuchte. Zu Leaf's archäologischem Blick vgl. auch Cook (Anm. 17) 42 in einem ausführlichen Exkurs über die Reiseberichterstatter. Zu den Goldgruben ebd. 290 Anm. 1, über die Brüder Calvert ebd. 35f.

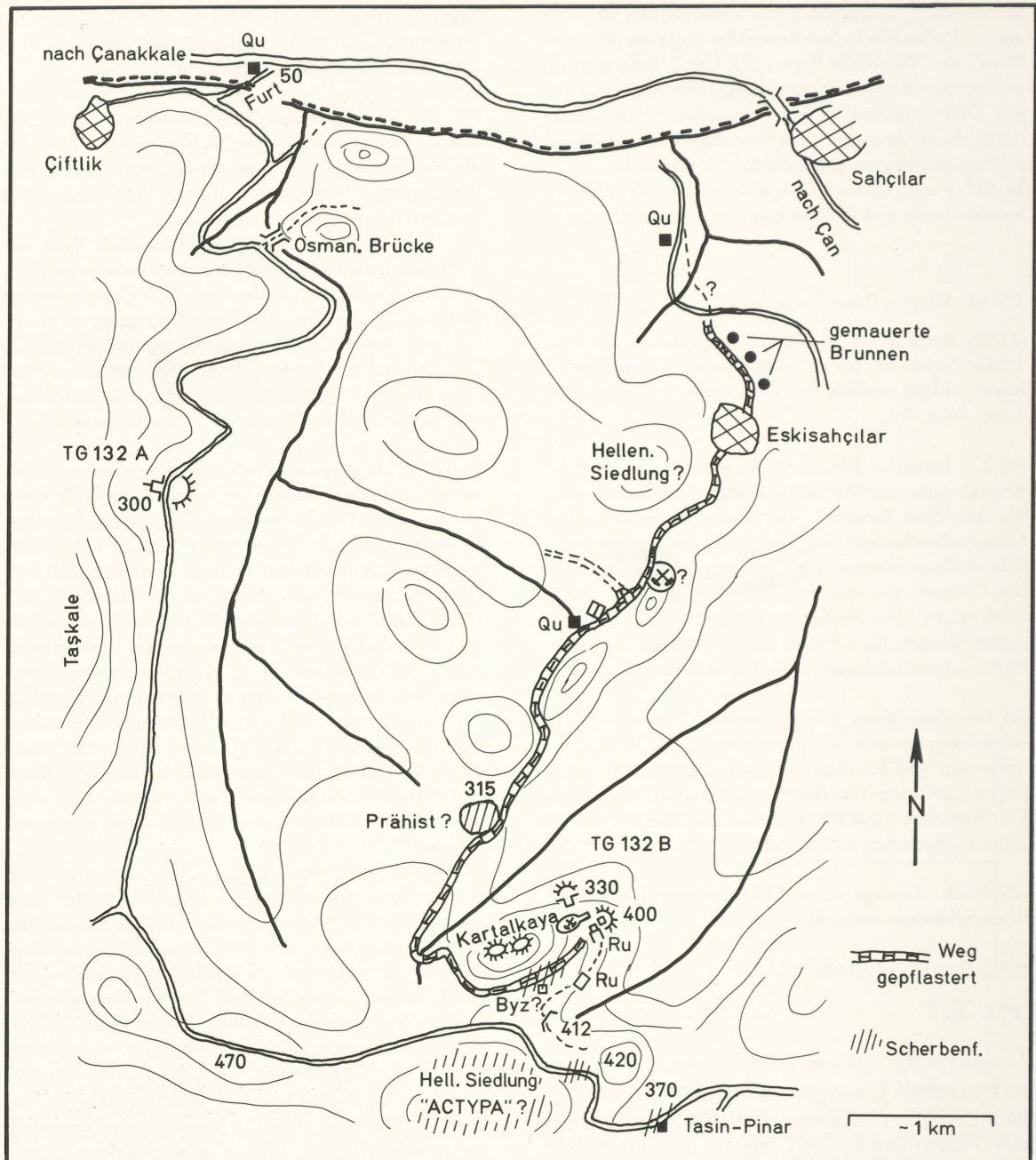


Abb. 14 Planskizze der Goldbergwerke vom Taşkale (TG 132A) und Kartalkaya (TG 132B).

Nach 11,2m findet sich zwischen Liegendem und Hangendem ein nur stellenweise gelöcherter Stützpfleiler. Von hier zieht noch einmal ein runder 20m langer, ausgeschlagener Hohlraum bis zu einem Ortsstoß, an dem ebenso wie im vorhin beschriebenen Grubenteil im Osten unterschiedlich alte Bergbauspuren zu erkennen sind. In einigen Metern Abstand schließt im Westen ein stark verwachsener Tagbau an, in dem keine weiteren älteren archäologischen Spuren zu erkennen sind.

Der östliche Teil weist die deutlichsten modernen Nachuntersuchungen auf, die sich auch im Grubentiefsten auf dem hier liegenden Versatz wiederfinden. Es handelt sich dabei um in regelmäßigen Abständen angebrachte Bohrpfostenreste, die schräg nach rechts oben in gleicher Höhe etwa 1,5 m über der Sohle in den Ortsstoß gebohrt sind. Diese Spuren liegen in einem großen rundlich begrenzten Abbau- oder Untersuchungsort, der mit einer ähnlichen konkaven Ausbauung im Hangenden korrespondiert und sich auch

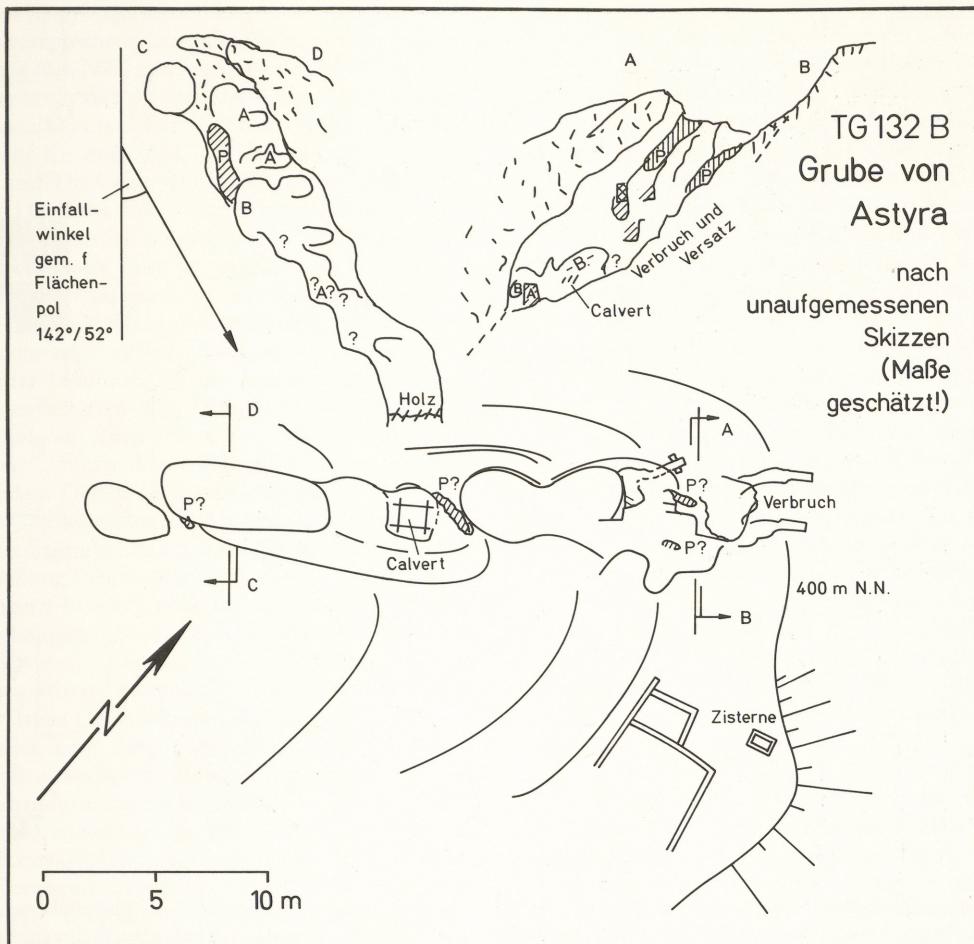


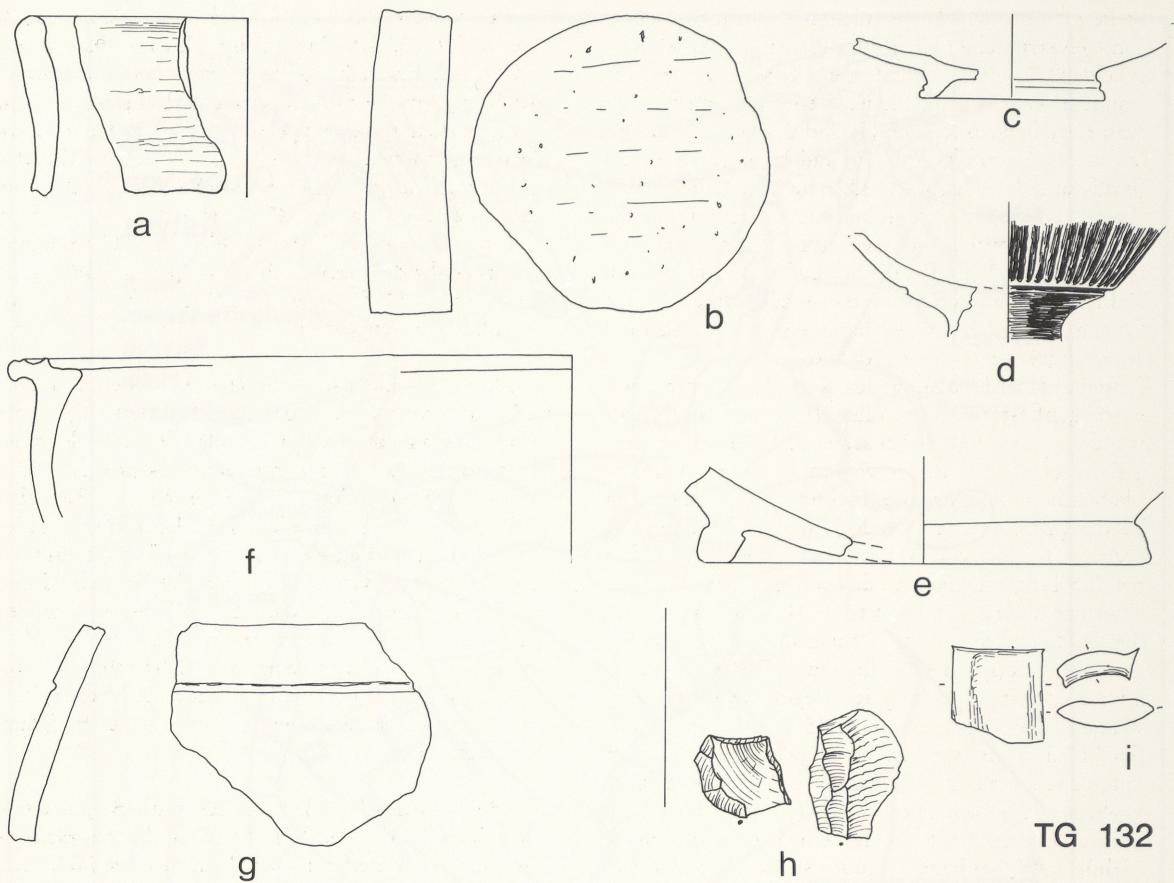
Abb. 15 Skizze vom westlichen Stoß (TG 132B). Die Grubentiefe im Seigeriß ist unterschätzt.

anhand der Überfahrungsspuren einer antiken oder hellenistischen Strecke als »byzantinisch« zu erkennen gibt. Diese Strecke, die noch rund 9 m zur Lagerstättenuntersuchung in der vorrömischen Antike getrieben wurde, weist im ersten Drittel des Hohlraumes die byzantinische Überarbeitung mit wolkenartig hängender Firste auf. Als Schrägmstrecke ist dahinter der vorrömische Aufschluß mit seiner typischen kreuzförmigen Verzweigung befahrbar (Taf. 91,6). Eine Schlitzprobe am rechten Uml zeigte Gipsausblühungen und Erzreste. Möglicherweise hat die moderne Untersuchung hier einer etwa parallel dazu angeschlagenen weiteren vorrömischen Strecke im Liegenden ein Zwischenmittel herausgenommen.

Rund 2 m höher sind wieder vorrömische Streckenquerschnitte im Stoß angeschnitten, der hangendste führt wieder rund 2 m hinter den Stoß nach Osten, die beiden anderen sind nur mehr mit den letzten Resten der Sohle und dem rechten Uml im Liegenden erahbar, da sie durch jüngere Untersuchungstätigkeit zerstört sind. Ebenso sind zwei gewundene Gesenke, die von der Tagesoberfläche auf einige Meter verfolgbar

jeweils hangend und liegend getrieben sind, zu mehr als der Hälfte weggesprengt. Sie sind nach der Bauweise älter als die regelmäßigen rechteckigen vorrömischen Streckenquerschnitte.

Wohl ein gleichalter Gesenk ist auch am stehengebliebenen Pfeiler im Westen dieses Grubenteils zu erkennen. Die an diesen Pfeiler anschließende offene Grube besitzt ein steilgestelltes, glattgewordenes, stark überarbeitetes Liegendes (Taf. 91,7), bei dem nur auf einzelnen stufenförmigen Etagenvorsprüngen Material liegengeblieben ist, das wohl als Verbruch und verstürztes Material, nicht aber als Versatz zu deuten ist. Holzkohle aus diesem Verbruch hatte ein ^{14}C -Alter von 2455 ± 70 (HD 8347-8459), das korrigiert 790-400 v. Chr. ergibt. Eine rohe Skizze vom westlichsten Ortsstoß vermittelt wiederum die drei Phasen vor dem modernen Bergbau (Abb. 15). Nur ein gewundenes Gesenk im Liegenden läßt sich erkennen; es ist jedenfalls durch jüngere Spuren gestört. Annähernd in regelmäßigen Sohlen ist hier im querschlägigen Stoßbau abgebaut worden, doch ist zwischen den einzelnen söhlichen Scheiben jeweils eine Erzfeste im Hangenden



TG 132

Abb. 16 Keramik und Silices von Kartalkaya (TG 132B). – a Rand, orange, handgemacht, geglättet. – b Pithoscherbe, grau, zur Scheibe gearbeitet. – c-e Hellenistische Ware, rosa (d mit Rippen und schwarzem Firnis). – f Rand, grau, drehrauh. – g Gefäß, grau. – h Silices. – i Wandstück.

zur nächsten Sohle stehengeblieben. Der noch studierbare Grubenraum läßt deutlich erkennen, daß hier nach einer ältesten Phase spätestens im Hellenismus (nach den Streckenquerschnitten und Verzweigungen!) ein intensiver Abbau betrieben wurde, der aber zu Strabos Zeiten bereits unrentabel geworden war²⁷. Die byzantinischen Nachuntersuchungen hatten sich wohl mit Erzresten durch Schwächung der stehengebliebenen Festen und Pfeiler begnügen müssen, während die modernen Untersuchungen vermutlich nur geringe Ausbeute erbrachten.

(d) Schlackenvorkommen wurden nicht beobachtet und sind bei Goldgewinnung auch nicht zu erwarten.

²⁷ Leaf (Anm. 25) 133 (Strabo 13,1,23).

²⁸ Vgl. RE 2 (1896) Sp. 1877 Nr. 2 s. v. Astyra (Bürchner). Die hier erwähnten Goldwascheinrichtungen wurden von uns nicht wiedergefunden, doch ist das hier wiedergegebene Kärtchen topographisch falsch. Der Kaletas liegt mit seinen Bergauspuren westlich des Çiftlikdere. Jedenfalls liegt »Kremaste« nicht genau südlich von »Astyra«, sondern weiter östlich.

(e) In einem Seitengraben des Çiftlikdere liegt auf ca. 50 m NN eine steinerne, wohl osmanische Brücke. Der moderne Weg führt an dieser Brücke vorbei bis zu einem Hochplateau, von dem aus als Wasserscheide die Bäche nach Süden entwässern. Nach ungefähr 2/3 des Weges erreicht man auf 300 m NN einen Untersuchungsstollen von Calvert²⁸ (TG 132 A) mit einer auffälligen Halde. Etwas höher liegen hier im Hangbereich auch ältere Mundlöcher (Taf. 92,5). Höher ansteigend gelangt man, östlich am Fuß einer Felsformation vorbei, zum sogenannten Kaletas, auf dem von Schliemann/Calvert²⁹ eine urzeitliche Befestigungsanlage beschrieben wird. Auch Judeich und Dragendorff haben dort Mauerwerk angetroffen³⁰. Wir konnten die

²⁹ Da Bürchner (Anm. 28) Calverts Karte wiederholt, muß die von Leaf (Anm. 25) nicht aufgefondene Arbeit zumindest geschrieben worden sein. Cook (Anm. 17) 36 erwähnt Calverts Konzession vor 1884, bringt aber leider keine ausführliche Bibliographie von F. Calvert.

³⁰ W. Judeich, Bericht über eine Reise im nordwestlichen Kleinasiens. Sitzber. Akad. Wiss. Berlin (Gesamtsitzung) 36, 1898, 531-555, 533f. Der hier genannte noch weiter

Stelle aus Zeitmangel leider nicht näher untersuchen³¹. Ein vielversprechend liegendes Plateau an der Wasserscheide (470 m NN) brachte keine Besiedlungsspuren. Von hier senkt sich die Straße in einen Sattel zwischen dem Kartalkaya und einer Geländekuppe, auf der hellenistische Keramik (Abb. 16) und Hausgrundrisse zu finden sind. Die Grube TG 132B liegt am Rande dieser Kuppe. Die Reste einer unbefestigten Siedlung repräsentieren vermutlich das alte Astyra³². Etwa 1 km weiter nach Südosten führt die Straße in ein Tal, das zum südlichen Entwässerungssystem gehört. Bei der Tasin-Quelle (370 m NN) lag ein handgefertigter Gefäßrand aus orangefarbenem Ton (Abb. 16).

Unter der Felsformation des Kartalkaya fanden wir einen gepflasterten Weg (Taf. 91,4), dem wir talaus weiter folgten. Einer römischen Straßenbettung vergleichbar³³, führte dieser Weg mit annähernd gleichbleibendem Gefälle in geschickter Trassierung in das Tal des Çiftlikdere zurück, doch hatten wir von diesem östlicher liegenden Punkt, knapp westlich der modernen Siedlung Sahçilar (Straße nach Çan quert hier mit einer neuen Brücke), noch rund 3 km Fußmarsch auf der asphaltierten Straße in Richtung Çanakkale, um zum Ausgangspunkt an die Quelle neben der Furt zurückzukehren. Entlang des Weges war sowohl eine kleine flache Geländekuppe (315 m NN) mit gutem Rückblick zum Bergaugebiet am Kartalkayafelsen aufgefallen, wo durch eine Schafhürde und vereinzelte grobe, handgemachte Scherben offensichtlich ein Siedlungsplatz angedeutet ist. Bei einem einzelstehenden Gehöft mit Quellfassung fanden sich undeutliche Pingenzüge (Bergbauspuren?) und talaus im Bereich eines Dorfes (in der Skizze Eski Sahçilar genannt) eine Kuppe, auf der sich eine Siedlung vermuten ließe, was aus Zeitmangel nicht näher untersucht wurde (s. Anm. 31). Der Weg führte zumeist durch Wald, nur an den näher beschriebenen Stellen herrschte zumeist baumlose Heide mit teilweisem Gestrüppbestand vor. Unterhalb des alten Dorfes lagen den gepflasterten Weg entlang einige mit Stein ausgemauerte Brunnen- schächte.

TG 133 Doğancılar, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf Doğancılar erreicht man von der Fahrstraße Çanakkale-Çan abzweigend (5 km nach Norden) aus. Das Metallvorkommen Bakırlik (TG 133A) liegt 7 km nördlich des Dorfes (s. Anm. 14, S. 77). Am Südhang eines bewaldeten Hügels liegen weithin sichtbar zwischen 560 und 450 m NN Bergbau- und

besuchte Berg Kayali Dağ mit seinen römischen Resten (ebd. S. 535) wird von Cook (Anm. 17) 286 ff. mit Kenchreai verglichen. Immerhin würde dies den gepflasterten Weg (siehe unten) erklären.

³¹ Die Erdstraße war von Çiftlik ab wegen starker Regenfälle für Fahrzeuge unpassierbar, so daß die ganze Wegstrecke in einem Tag zu Fuß zurückgelegt werden mußte.

Verhüttungsreste. Der Schlackenfundplatz Küçük Burun (TG 133B) befindet sich 1,5 km nordöstlich von TG 133A. Einige hundert Meter weiter in derselben Richtung kommt man in der Gemarkung Maralaynni an einen 15 m hohen Hügel (TG 133C), in den mehrere Stollen getrieben wurden. TG 133D ist eine Erzader im Anstehenden, ca. 200 m südlich von TG 133C. Die Lokalität Söterese TG 133E ist ein kleiner Schurf 400 m nördlich des Dorfes Kadilar und TG 133F eine Schlackenhalde nordöstlich am Fuße des Dorfhügels. Der Schurf Madenevleri (TG 133G) liegt ca. 4 km nördlich von Doğancılar.

(b) In einer vulkanischen Serie von Daziten treten bei TG 133A verquarzte Zonen auf (s. Anm. 14). Diese sind z.T. vererzt mit Pyrit, Malachit, etwas Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende und Eisenoxiden. Das Vorkommen befindet sich im Eisernen-Hut-Bereich. TG 133D ist eine 1 cm dicke Erzader aus Kupferkies und Limonit in einem Andesitporphyrr, vermutlich hydrothermalen Genese. Ähnliche Verhältnisse liegen bei TG 133E vor. Dort besteht die Vererzung überwiegend aus Zinkblende und Bleiglanz. Bei TG 133F durchzieht ein hydrothermaler, schwach vererzter Quarzgang vulkanisches Nebengestein. Die Erzführung beinhaltet Zinkblende, Pyrit, etwas Bleiglanz und Limonit.

(c) Bei Bakırlik (TG 133A) bestehen die Bergbaureste aus einem 5 m langen Kriechstollen, der wahrscheinlich auf frühen Bergbau zurückzuführen ist (Taf. 92,1) und einem 300 m langen Pingenzug am oberen Rand einer Erzhalde (Taf. 92,2). Möglicherweise wurde auch Tagebau betrieben. Über mehrere Hektar ausgedehnte Erz- und Abraumhalden bedecken den Hang. Das Alter dieses bedeutenden Kupferbergbaus muß vorläufig noch offenbleiben.

Bei Maralaynni (TG 133C) sind mindestens zehn englichtige Stollenmundlöcher (Taf. 92,6) gezählt worden, die alle nach einigen Metern verstürzt sind. Laut Auskunft eines Hirten findet man dort gelegentlich alte Münzen. Die Stelle konnte nicht eingehend untersucht werden, aber der Bergbau dürfte auf Erzadern, ähnlich denen bei TG 133D, gerichtet gewesen sein. TG 133E ist ein 5 m tiefer, moderner Schacht mit einer Seitenstrecke, die nicht befahren wurde. Diese Grube war nach Aussage eines Dorfbewohners von Kadilar noch vor wenigen Jahren in Betrieb.

(d) Am Fuße des Bakırlik (TG 133A) liegen etwa 20000 t Kupferschlacke³⁴, mit relativ vielen metalli-

³² Wenn die Gleichsetzung mit Kremaste am Gâvur Hissar stimmt, vgl. dazu Abschnitt 3 b.

³³ Klassifizierung der Bauweise bei D. French, Roman roads and milestones of Asia Minor. Fasc. I. Brit. Inst. Arch. at Ankara, Monogr. 3 = Brit. Arch. Rep., Internat. Ser. 105 (1981) 15 ff. bes. Abb. 1-5.

³⁴ Im MTA-Bericht Çanakkale (Anm. 15) wird die gesamte

schen Kupfereinschlüssen. Außerdem enthält die Schlacke neben hauptsächlich Fayalit noch folgende Phasen: Neodigenit, Chalkosin, Covellin und Glas. Dies deutet auf Verhüttung von sulfidischen Kupfererzen mit relativ geringem Ausbringen. Ähnliches gilt für die Schlackenhalde TG 133B, die etwa 30 000 t enthält. Beide Halden enthalten auch relativ viel Ofenkeramik.

Dagegen steht die kleine Halde bei Kadilar (TG 133F) nicht mit Kupferverhüttung im Zusammenhang. Sie ist annähernd kreisrund mit einem Durchmesser von etwa 20 m und besteht aus kleinstückiger Fayalitschlacke, vermutlich von einer Eisenverhüttung.

(e) Obwohl in der ganzen Gegend Keramikfragmente vorkommen, ist eine deutliche Scherbenkonzentration, besonders von Ziegeln (s. Abb. 8), zwischen TG 133A und B zu erkennen. Dort dürfte eine antike Besiedlung zu suchen sein.

TG 134 Koçayayla, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf erreicht man von der Fahrstraße Çanakkale-Çan nach Norden abzweigend. Im Tal Madeniçi, 3 km nördlich des Dorfes Koçayayla, finden sich Abbaureste.

(b) Das Vorkommen befindet sich in einer Serie von Daziten und Basalten, die im Kontakt zu paläozoischen Schiefern und Sandsteinen liegen (s. Anm. 14). Hydrothermale Gänge sind vererzt mit Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Kupferkies, Bornit, Malachit und Azurit. Die Gänge durchziehen hauptsächlich das vulkanische Nebengestein.

(c) Am Nordhang des Tales liegen fünf kurze Stollen, z.T. verstürzt und ersoffen, ein zugesprengter Schacht und kleine Erzhalden. Nach Aussagen eines Dorfbewohners ist der Bergbau vor 15 Jahren aufgelassen worden. Zwei weitere Stollen sollen sich 2-3 km westlich davon befinden.

(d) Schlackenvorkommen sind nach Aussage eines Dorfbewohners in der Gegend nicht bekannt.

(e) Archäologische Zeugnisse liegen nicht vor.

TG 135 Balcılar, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf Balcılar liegt an der Fahrstraße Biga-Umurbey. Das Metallvorkommen liegt ca. 1 km nordwestlich des Dorfes (s. Anm. 14, S. 61).

(b) Eine Folge von Daziten, Laven und Tuffen ist von einem verquarzten Gang durchzogen. Hier findet sich

eine unbedeutende Vererzung mit Bleiglanz, Zinkblende und Kupferkies.

(c) Der kleine, noch betriebene Abbau besteht aus zwei ungefähr 25 m tiefen Schächten.

(d) Keine Schlackenvorkommen.

(e) Keine archäologischen Zeugnisse.

TG 136 Camyurt, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf Camyurt erreicht man von der Straße Lapseki-Gündoğdu abzweigend nach 7 Kilometern. Vom Dorf fährt man 2 km nach Nordosten, wo sich in 500 m NN auf der Waldlichtung Bakırlik eine Schlackenhalde befindet (s. Anm. 13, S. 28; Anm. 14, S. 61).

(b) Keine anstehenden Erzvorkommen.

(c) Bergbauspuren sind nach Aussage zweier Dorfbewohner hier nicht bekannt, wurden von uns auch nicht gefunden. Das steht im Widerspruch zur Erwähnung »gewölbter alter Gruben« (s. Anm. 13, S. 28) und eines »40-50 m langen Schachtes« (s. Anm. 14, S. 61).

(d) Die kleine Halde von 700-800 t liegt an einem kleineren Abhang und ist völlig unbewachsen (Taf. 92, 3). An ihrem Rand scheinen relativ junge Bäume vom Schlackenwurf zur Seite gedrängt. Am oberen Rand der Halde ist der Boden mit Holzkohle vermischt. Dort ist sicherlich der Standort für einen Schmelzofen zu suchen. Insgesamt macht die Halde einen jungen Eindruck. Ein Großteil der Schlacken ist fayalitisch, bläsig mit Limonit- und Malachitüberzügen. Wenige Glasschlacken und etwas Kupferstein wurden auch gefunden. In der Gegend stehen hydrothermal umgewandelte dazitisch-andesitische Vulkanite an, doch am Schlackenplatz wurden auch Lesesteine von feinem und grobem Granodiorit, Glimmerschiefer und Quarzit beobachtet, die vermutlich als Möller dienten. Ein durch Malachit und Limonit grün bis gelbbraun gefärbter, umgewandelter Kupferstein (TG 136-1) mit Fayalitschlacke, der auch viel Holzkohle und Limoniteinschlüsse enthielt, wurde erzmikroskopisch untersucht. Darin wurden folgende Phasen gefunden: Fayalit, Glas, metallische Kupferkugelchen, Neodigenit, Kuprit, Chalkosin, Covellin, Malachit, Azurit, Limonit, Quarz, Magnetit, Bornit, Chalkopyrit. Der rötlich-braune, schwere, erzartige Kupferstein (TG 136-2) zeigte Bornit, Chalkopyrit, Covellin, Kuprit, Azurit, Malachit, Neodigenit, Fayalit, Glas und Chalkosin (s. Taf. 95, 2).

(e) Die Keramikscherben auf der Halde dürften höchst-

Schlackenmenge bei Doğancılar auf 10 000 t geschätzt, was wahrscheinlich zu niedrig ist.

stens hochmittelalterlich sein in Übereinstimmung mit dem generell jungen Eindruck der Halde.

TG 137 Hacıbekirler, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf liegt ca. 2 km östlich der Fahrstraße Bayramic-Çan. Am Maden Deresi (TG 137A), 2 km südlich des Dorfes, liegt im Kiefern-Eichen-Mischwald ein Stollen in der Nähe des Forstweges. Von hier zu Fuß durch den Wald findet sich 1 km östlich auf dem 350 m NN hohen Hügel Suderan ein Schacht.

(b) In neogenen Vulkaniten sind zwei Stellen zu finden, wo kleine Erzäderchen (bis zu 2 cm) das Nebengestein durchziehen. Die Vererzung ist schwach ausgebildet. An Erzmineralen kommen Bleiglanz und Pyrit vor. Die Entstehung dieser beiden kleinen Vorkommen ist wahrscheinlich auf eine hydrothermale Lösungszufuhr zurückzuführen.

(c) Der 6 m kurze, 1,5 m hohe aufgelassene Stollen (TG 137A) mit davorliegender kleiner Erzhalde soll nach Auskunft eines Dorfbewohners auf Bleiabbau gerichtet gewesen sein. Der 4 m tiefe, wasserführende Schacht TG 137B sei nach Aussage derselben Person rezent von Bauern erweitert worden.

(d) Schlacken sind hier nach Aussage der Dorfbewohner nicht bekannt, obwohl sie laut BGR-Bericht in der Gegend vorkommen sollen (s. Anm. 16).

(e) Keine archäologischen Zeugnisse.

TG 138 Yuvalar, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf Yuvalar liegt etwa 3 km nördlich von Çan und ist von der Hauptstraße Çan-Biga leicht zu erreichen. Etwa 2 km nordöstlich von Yuvalar liegen auf einer bewaldeten Hochfläche (Balarbaşı Belenk) und am Abhang zum Bağalarderesi Pingen und Schlackenhalde.

(b) Die Vererzung besteht aus Pyrit, Kupferkies und Hämatit. Nebengestein: Glimmerschiefer, Kalke, paläometamorphe Magmatite.

(c) In dem dicht bewaldeten Gelände sind mehrere Pingen mit 5-8 m Durchmesser gesichtet worden (Taf. 92,4).

(d) Mindestens sieben große, teilweise bewachsene Schlackenhalde wurden gezählt. Röschen zeigen, daß selbst der Waldboden bis in eine Tiefe von 1,5 m stark mit Schlacke durchsetzt ist (Taf. 92,7). Die Gesamtmenge der Schlacken von einer Kupferverhüttung liegt bei etwa 100000 t. Die Schlacken sind schwarz im Bruch, schwer und blasig. Außerdem kommt Kupferstein vor. Schlackenkuchen von 30 cm Durchmesser

und 7 cm Dicke lassen auf einen standardisierten Schmelzprozeß schließen. Eine bräunlich-graue, wenig blasige Magnetit-Glas-Schlacke mit Kupferstein (TG 138 A-4) enthält mikroskopisch: Magnetkies, Chalkopyrit, Bornit, Chalkosin, Neodigenit, Covellin, Magnetit, Kuprit, Glas, Pyroxen, Limonit und sehr wenig metallische Kupferkügelchen (s. Taf. 96,3).

(e) Auf dem Weg vom Dorf zum Schlackenvorkommen wurden besonders nach Erreichen der Hochfläche auf einer weiten Fläche verstreute Keramikscherben gefunden (s. Abb. 17). Ein Scherben aus dem schlackendurchsetzten Waldboden ergab ein TL-Alter (HDTL-K388) von 70 n. Chr. \pm 150 (s. Kap. 4b).

TG 139 Kurşunlu, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf Kurşunlu liegt nördlich der Fahrstraße Bayramic-Evciler. Schlacken kommen bei Kirhatç (TG 139A) und Alancayer (TG 139B) östlich bzw. nördlich in der Nähe des Dorfes am mit Eichen- und Wachholderbüschchen bestandenen Hang vor.

(b) Kein anstehendes Erzvorkommen.

(c) Nach Aussagen eines Dorfbewohners sind keine Bergbaureste bekannt.

(d) Der ca. 50 m² große Schlackenplatz ist bedeckt mit dicht gestreuten Schlackenfunden. Die schweren, schwarzen Schlacken erreichen Faustgröße, zeigen Fließstrukturen und verwittern rostig. Kleinere Schlackenstücke können mit dem Handmagneten aufgenommen werden. Außerdem wurde ein 0,5 cm großes Eisenstück gefunden. Die Schlackenmenge wurde auf 2 t geschätzt. Es kommen konische Düsenfragmente mit anhaftenden Schlackenresten und Ofenkeramik vor. Der Schlackenplatz TG 139B besteht aus ähnlichen Schlackenfunden auf 200 m² Fläche. Bei diesen Plätzen handelt es sich um unbedeutende Eisengewinnungsanlagen unbekannten Alters.

(e) Keine archäologischen Zeugnisse.

TG 140 Dağoba, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf Dağoba liegt östlich von Evciler. Erzvorkommen sind im Taşgil Sirt-Sattel (TG 140A) auf 400 m NN, nicht weit davon entfernt am Harmantepe (TG 140B) unterhalb der Straße und auf dem Taşgil Sirt-Gipfel (TG 140C) auf 620 m NN bekannt.

(b) Ein kleines Vorkommen (TG 140A) im Kontaktbereich Hornfels/Schiefer führt im Hornfels eine schwache Vererzung. Dünne Quarzadern durchziehen das Nebengestein. Hier kommen etwas Bleiglanz, Zinkblende und Pyrit vor.

Der Kontakt Hornfels/Schiefer wird bei TG 140B von

zwei Störungen gekreuzt. Dünne Quarzadern enthalten Bleiglanz, Pyrit und Kupferkies. Die Vererzung ist jedoch nur schwach ausgebildet.

Am Kontakt eines grobkörnigen Marmors zu einem Hornfels ist bei TG 140C eine Vererzung aufgeschlossen. Der Kontaktbereich wird von einer Störung durchzogen. Entlang des Kontaktes zieht sich ein Gang mit calcitischer Matrix und idiomorphen Pyritkristallen. Daran schließt sich die eigentliche Vererzung mit Magnetit, Magnetkies, Pyrit, Arsenkies und Scheelit an. Die Entstehung des Vorkommens wird als hydrothermal gedeutet (s. Anm. 16).

(c) Die Metallvorkommen sind erschlossen durch einen Schurf (TG 140A), zwei eröffnete Schächte (TG 140B) mit Holzhaspel und einen Tagebau (TG 140C). Es wurden keine Spuren alten Bergbaus beobachtet.

(d) Es wurden keine Schlackenvorkommen beobachtet.

(e) Keine archäologischen Reste.

TG 141 Kuştepe, Prov. Çanakkale

(a) Das am Nordhang des Kuştepe in 1200 m NN im Kaz Dağ gelegene Metallvorkommen erreicht man von der Küstenstraße Edremit-Ezine über Zeytingli, von hier 26 km auf Forstwegen in das Kaz Dağ Gebirge.

(b) Den geologischen Rahmen der Lagerstätte Kuştepe bildet der Kontakt zwischen einem Marmor im Hangenden und einem Amphibolit-Schiefer im Liegenden. Bis zu einem Meter vom Kontakt ist im Marmor konkordant eine Vererzung gut ausgebildet. Sie besteht aus Lagen und Linsen.

Die Mineralisation führt Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Aktinolith, Granat und Calcit.

Die Vererzung ist an einigen Stellen der Lagerstätte gut aufgeschlossen. Ihre Entstehung wird als metasomatisch gedeutet (s.a. Anm. 16).

(c) Der Bergbau auf Zink besteht aus einigen ausgezimmerten Stollen, Halden und verfallenen Gebäuden. Er wurde erst 1978 aufgelassen. Alte Bergbauspuren wurden nicht beobachtet.

(d) Keine Schlackenfunde.

(e) Keine archäologischen Reste.

TG 142 Kozcağız, Prov. Balıkesir

(a) Das ausgedehnte Gebiet mit Bergbau- und Verhüttungsspuren erstreckt sich zu beiden Seiten der Fahrstraße Havran-Kalkım von Kalabak bis auf die Hochebene (400-600 m NN) mit schütterem Kieferbestand nördlich von Kozcağız (neuer Name: Fazlıca). Die

einzelnen Vorkommen umfassen Bergbaureste bei Bodur Çeşme (TG 142A) auf 400 m NN westlich der Fahrstraße, Schlackenstreufunde und einen Stollen bei Ismailağzı (TG 142B) auf 540 m NN, Pingen (Taf. 93, 1) bei Katranyağı (TG 145C) 600 m NN, Schlackenhalden (Taf. 93, 2) bei Koçapınar (TG 145 D) 590 m NN und Somaklı Çeşme (TG 142 G) 450 m NN, Bergbauspuren bei Mahmudun Pinarı (TG 142F) 530 m NN und Kazandere (TG 142E) 230 m NN, alle nordwestlich des Dorfes Kozcağız. Die Metallvorkommen Kalabak Karaburun (TG 142H) und Kalabak Ebeçesme (TG 142I) liegen unmittelbar nördlich des Dorfes Kalabak.

(b) Durch die Intrusion eines Granodiorits in eine Serie von Schiefer und Kalkstein ist eine breite Skarnezone entstanden. Sie ist bis zu 200 m breit (s. Anm. 16). An mehreren Stellen dieser Zone ist es zur Bildung von kleineren Vererzungen gekommen. Hier sind hauptsächlich Magnetit, Kupferkies, Bornit, Malachit, etwas Scheelit, Epidot, Granat und – untergeordnet – Bleiglanz und Zinkblende zu finden. Hierbei ist der Magnetit das Hauptmineral. Er ist in Form von großen Knollen bis zu 50 cm Durchmesser an der Oberfläche zu finden.

Die Vererzungszone ist anhand von Lesesteinen gut auszukartieren. Ihre Entstehung ist durch metasomatische Vorgänge hervorgerufen worden (s. Anm. 16).

(c) Die Bergbaureste bestehen bei TG 142A aus mehreren verstürzten Stollenmundlöchern, einem wasserführenden aufrecht begehbar Stollen und Erzhalde, bei TG 142B aus einem 1,5 m hohen und 1,2 m breiten, verzweigten, wasserführenden Stollen, bei TG 142C aus mehreren runden Strukturen von ca. 20 m Durchmesser, die möglicherweise alte Tagebaugruben oder Pingen darstellen, und aus zwei verstürzten Mundlöchern, bei TG 142E aus einem 10 m langen Stollen, bei TG 142F aus einem verstürzten Stollen und bei TG 142H und I aus jeweils einem zugewachsene kurzen Stollen mit frisch aussehenden, kleinen Erzhalde. Mit Ausnahme von TG 142C werden alle Bergbaureste auf neueren, jetzt aufgelassenen Abbau auf Kupfer und Blei zurückgeführt. Dagegen handelt es sich bei Katranyağı wahrscheinlich um frühe Bergbauspuren, was auch durch die Keramikfunde an dieser Stelle gestützt wird.

(d) Knapp oberhalb des Stollens TG 142B liegen beiderseits des Baches geringe Mengen an Schlacke. Ein vollständiger Schlackenkuchen maß 25 cm Durchmesser und war 5 cm dick. Eine bräunlich-oliv-graue Fayalitschlacke mit Kupferstein (TG 142B-2) enthält Magnetit, Fayalit, Glas, Magnetkies, Bornit, Chalkopyrit, Neodigenit, Kuprit, Chalkosin. Die graue Fayalitschlacke ohne Blasen und z.T. mit Malachit-, Azurit- und Limonitüberzug (TG 142B-2.1) besteht aus Fayalit, Pyroxen, Magnetit, Bornit, Neodigenit und Spuren von Magnetkies und Covellin. Es handelt sich somit um Verhüttung sulfidischer Kupfererze.

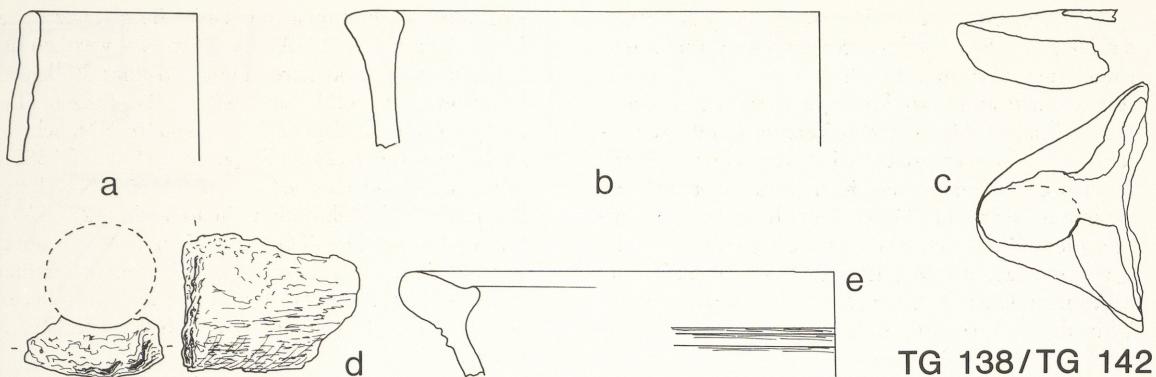


Abb. 17 Keramik von Yuvalar (TG 138A) und Kozcağız (TG 142). – a Randbruchstück aus grauem Ton, drehrauh (TG 138A). – b Verdicker Gefäßrand aus klingend hartgebranntem, grauem, dicht quarzgemagertem Ton, spätantik? – c Lampenschnauze aus rötlichem Ton. – d Verschlackter Düsenrest (lichte Weite 5,5 cm). – e Randprofil aus klingend hartgebranntem rötlichen Ton, byzantinisch?

Bei Kocapinar (TG 142D) liegt auf einer Hochfläche zwischen zwei Bachanrissen (an recht windiger Stelle) eine Halde mit 10000t Kupferschlacken. Die Brocken sind meistens einige cm groß, doch größere Stücke bis zu 1/2 m sind auch nicht selten und sind gelegentlich mit Malachit überzogen. Überwiegend sind es massive und weniger plattige (1-2 cm dicke) Fayalitschlacken. Nur selten kommen glasige Schlacken vor. Reichlich Ziegelkeramik und gelegentlich Ofenkeramik konnte gefunden werden. Granathornfels mit Magnetit, Quarzit, Granodiorit, Gneis und Tonschiefer bilden den Untergrund. Eine Fayalitschlacke mit wenig Blasen (TG 142D-4.1) enthält Fayalit, Glas, Magnetit, Bornit, Chalkopyrit und Neodigenit. Eine graue Glasschlacke mit Malachitüberzug und einem Granodioriteinschluß besteht aus Glas, Fayalitkeimen, metallischen Kupferkügelchen, Magnetitnadeln, Quarz, Plagioklas, Pyroxen und Spuren von Neodigenit und Kuprit.

3000-4000t Kupferschlacke liegen auf einer Halde bei Somaklı (TG 142G). Die Schlacken sind 2-3 cm groß und oft mit Malachit überzogen. Überwiegend bestehen sie aus grauen Fayalitschlacken, daneben aus rötlichen Glasschlacken. Auf dem Schlackenplatz und besonders in der Nähe des Schurzes sind reichlich kleine, abgerundete Stücke von derber Ziegelkeramik zu finden. Als Gesteine herrschen Granodiorit, Granathornfels und Tonschiefer vor. Eine graue Fayalitschlacke mit großen Blasen (TG 142G) enthält Magnetit, Fayalit, Pyroxen, metallische Kupferkügelchen, Neodigenit und Limonit. Eine weitere gleichartige Schlacke (TG 142G-1) enthält Fayalit, Magnetit, Magnetkies, Bornit, Neodigenit, Covellin und Spuren von Glas und Kuprit. Die graue Fayalitschlacke mit Granodiorit-Einschlüssen (TG 142G-3) besteht aus Fayalit, Glas, Pyroxen, Quarz und Plagioklas.

(e) An allen Plätzen wurde spätantike bis mittelalterliche Keramik (Abb. 17) gefunden. Besonders interes-

sant war eine spätantike (?) Lampenschnauze bei TG 142B und ein verschlackter Düsenrest. Die TL-Datierung eines Bruchstückes von einer Gefäßwand ergab ein Alter (HDTL-K387) von 435 n. Chr. \pm 130 (s. Kap. 4b).

TG 143 Maden Adası, Prov. Balıkesir

(a) Die Insel Maden Adası gehört zu einem kleineren Archipel westlich von Alibey Adası und nördlich von Ayvalık. Metallvorkommen sind in einer ca. 2 km langen, die Insel N-S durchquerenden Zone in vielen Über- und Untertagegruben aufgeschlossen.

(b) Die Insel Maden Adası wird aufgebaut von einer Serie neogener Vulkanite, in der Hauptsache Andesite, Dazite und Tuffe. Über die Insel sind mehrere Erzvorkommen perlschnurartig aufgereiht. Seiger stehende vererzte Gänge können hier eine Mächtigkeit bis zu 2 m erreichen. Die Mineralisation enthält Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Kupferkies, Bornit, Boulangerit, Epidot, Opal, Siderit, Hämatit, Limonit und sekundäre Kupferminerale. Die Entstehung der Vorkommen ist hydrothermal.

(c) Die Gruben liegen perlschnurartig entlang der gangartigen, die Insel durchlaufenden Vererzung. Besonders intensiv war der Bergbau im Norden der Insel entlang des 0,5 m mächtigen, N 20° O streichenden seigeren Ganges. Dagegen liegen im südlichen Teil nur vereinzelte kleine Untertagegruben (Taf. 93,5). Der großangelegte Bergbau ruht jetzt vollständig. Neben dem rezenten Abbau ist an mehreren Stellen auch eine frühere Phase zu erkennen. So ist älterer Versatz wieder ausgeräumt worden. Es finden sich auch Werkzeugspuren und gehauene Abstellnischen an den Wänden. Möglicherweise ist diese ältere Abbauphase

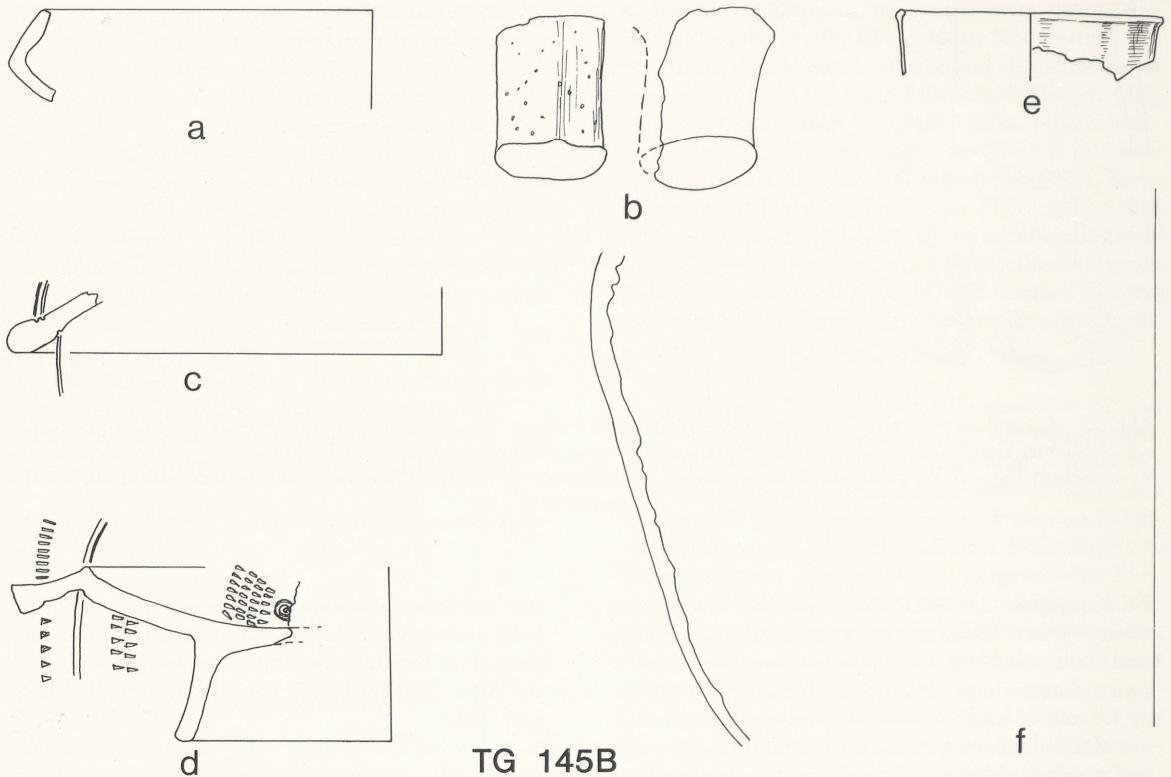


Abb. 18 Keramik und ein Glasfragment von Küserlik-West (TG 145B). – a Einzugrandschale, grau, Drehscheibenware. – b Henkel, rötlich. – c Deckel, rötlich, hellenistisch bis kaiserzeitlich? – d Schale, grau, seifig, hellenistisch. – e Römischer Glasbecherrest. – f Fragment, ziegelrot, pastos, spätantik?

mit dem genuesischen Burgturm auf dem Kaletepe in Verbindung zu bringen (s. Taf. 93, 3).

(d) Oberhalb der Anlegestelle im Süden der Insel, vor der Hausrune, wurden einzelne, zentimetergroße, graue Fayalitschlacken gefunden.

(e) Auf der Anhöhe des Kaletepe ist ein 8m hoher Turm aus großen Andesitblöcken errichtet (Taf. 93, 3), die z.T. mit Mörtel verbunden sind. Das Gestein dieser Blöcke steht nicht auf der Insel an. Material und Bauweise erinnern stark an die Burg der genuesischen Cataluzzi-Dynastie in Mytilini, die die Insel Lesbos im 14. Jahrhundert zu ihrem Besitz zählte.

TG 144 Halilar, Prov. Balikesir

(a) Das Dorf Halilar liegt ca. 10km nordöstlich von Havran. Westlich vom Dorf, im Tal des Kurşundere, sind Metallvorkommen in mehreren Gruben erschlossen.

(b) Den geologischen Rahmen der Lagerstätte Halilar bilden mesozoische Schiefer, Arkosen und Sandsteine. Sie liegen an einem Störungskontakt, in einem

geschieferten, paläozoischen Granodiorit (s. Anm. 14 u. 16). Die Lagerstätte führt eine z.T. recht gut ausgebildete Vererzung mit Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Pyrit, Bornit, Azurit und Malachit.

Die Vererzung ist gangförmig und z.T. an Störungen gebunden. Eine hydrothermale Bildung wird angenommen.

(c) In dem sich auf ca. 1 km Länge erstreckenden Grubengebiet sind mehrere Schächte, Stollen, Schürfe und ein größerer Untertagebau beobachtet worden. Diese Bergbauaktivitäten stammen aus neuerer Zeit und sind erst vor kurzem aufgelassen worden.

Ältere Bergbaureste wurden nicht beobachtet.

(d) Die im Bachtal auftretenden Schlacken (ca. 0,5 t) sind leicht und porös und stammen nicht von einem metallurgischen Prozess.

(e) Keine archäologischen Zeugnisse.

TG 145 Küserlik, Prov. Balikesir

(a) Das Gebiet von Küserlik liegt an der Stelle, an der die Fahrstraße Havran-Kalkim das Handere Tal

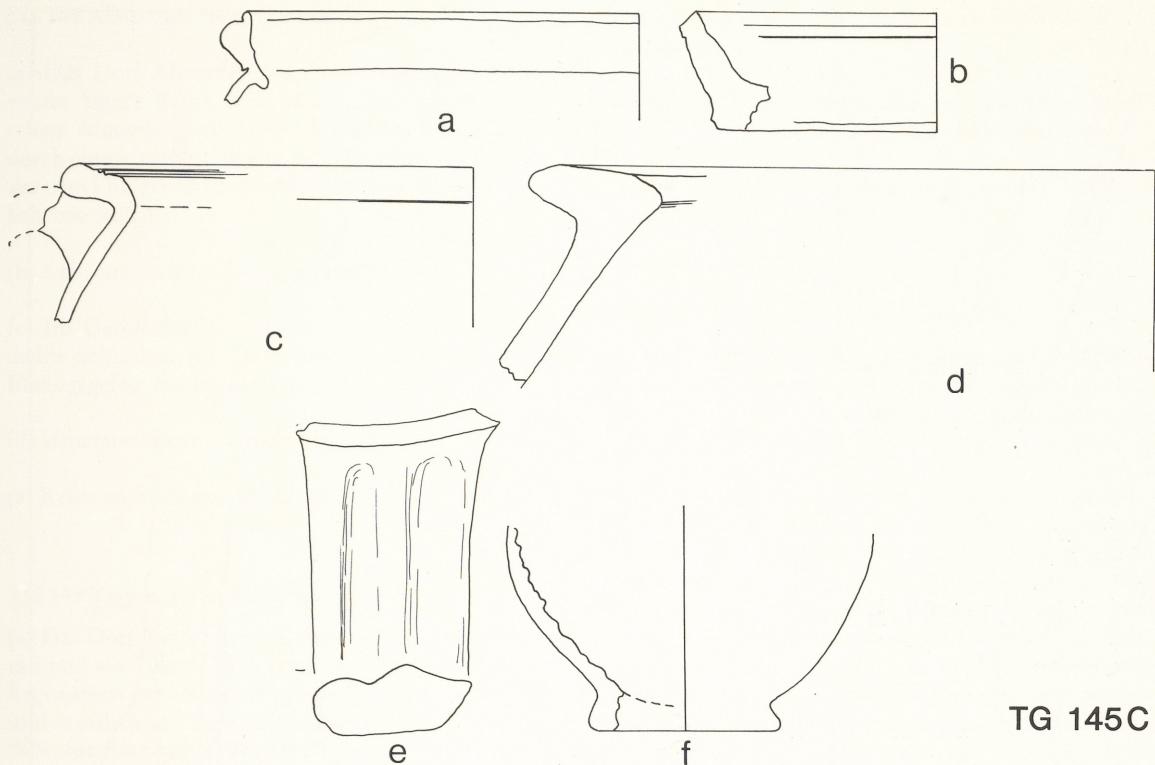


Abb. 19 Keramik von Küserlik-Ost (TG 145C), byzantinisch. – a Kochtopfrand, grau. – b Schälchen (Probierschälchen?), grau. – c Kochtopfrand mit Henkelansatz, grau. – d Großgefäß, rötlich. – e Bandhenkel, rötlich. – f Gefäßunterteil, gelblich, feinsandig.

erreicht. Es erstreckt sich im Wald ca. 500m talaufwärts. Es umfaßt im Westen Bergbaureste im Talgrund (TG 145A) bei 410m NN, eine Schlackenhalde (TG 145B) ebenfalls bei 410m NN und im Osten an der Fahrstraße eine Schlackenhalde (TG 145C) bei 380m NN.

(b) Am Kontakt eines Granodiorits zu einer Schiefer-Marmor-Folge ist eine Skarnzone ausgebildet. Die Mineralisation mit Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Epidot, Granat und Calcit ist auf die granodioritische Intrusion zurückzuführen. Das Vorkommen zeigt eine nur schwache Vererzung.

(c) Bei TG 145A wurden zwei verschüttete Mundlöcher und zwei Erzhalde gesichtet. Das Alter der Bleierzgewinnung ist unbekannt.

(d) Bei TG 145B liegen ca. 2500t Schlacke, die vermutlich von einer Bleiverhüttung stammten. Zum mindesten legt dies das benachbarte Erzvorkommen TG 145A nahe. Es handelt sich überwiegend um blasige Fayalitschlacken, die gelegentlich limonitisiert sind. Bei TG 145C liegen 2000-4000t Schlacke auf mehrere ha verstreut. Obwohl im Feld zunächst ebenfalls Bleiverhüttung angenommen wurde, stellte sich bei der Analyse heraus, daß es sich um Eisenschlacke handelt (s. Tab. 1). Eine Probe dunkelgrauer Fayalitschlacke (TG

145C-2) enthielt folgende Phasen: Fayalit, Glas, Wüstit, Magnetit und metallisches Eisen (s. Taf. 96, 2). Bei TG 145B wurden mehrere Hausgrundrisse, einer davon ca. 9 × 6 m, und ein Mahlstein gesichtet.

(e) Nach den Keramikfunden zu schließen, ist TG 145B hellenistisch (Abb. 18) bis kaiserzeitlich einzustufen und TG 145C byzantinisch oder später (Abb. 19). Dies wird unterstützt durch ein TL-Alter eines Keramikfragmentes von TG 145B (HDTL-K386) von 480 n. Chr. ± 140. An Holzkohle von TG 145C wurde ein ^{14}C -Alter von 330 ± 60 a gemessen (HD 8278-8460), das korrigiert 1460-1840 n. Chr. ergibt.

TG 146 Bağırkaç, Prov. Çanakkale

(a) Das Bergwerk Bağırkaç erreicht man von der Fahrstraße Havran-Kalkim nördlich der Brücke über den Handere nach Osten abzweigend über einen Forstweg. Nach ca. 4 km Fahrt liegt das Bergwerk bei 550-600 m NN in einem Talschlüß.

(b) Die Geologie der Lagerstätte Bağırkaç bestimmen Schiefer, Marmore und Hornfelse.

Der Kontakt Schiefer/Marmor ist vererzt. Die Erzminerale sind Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Pyrit,

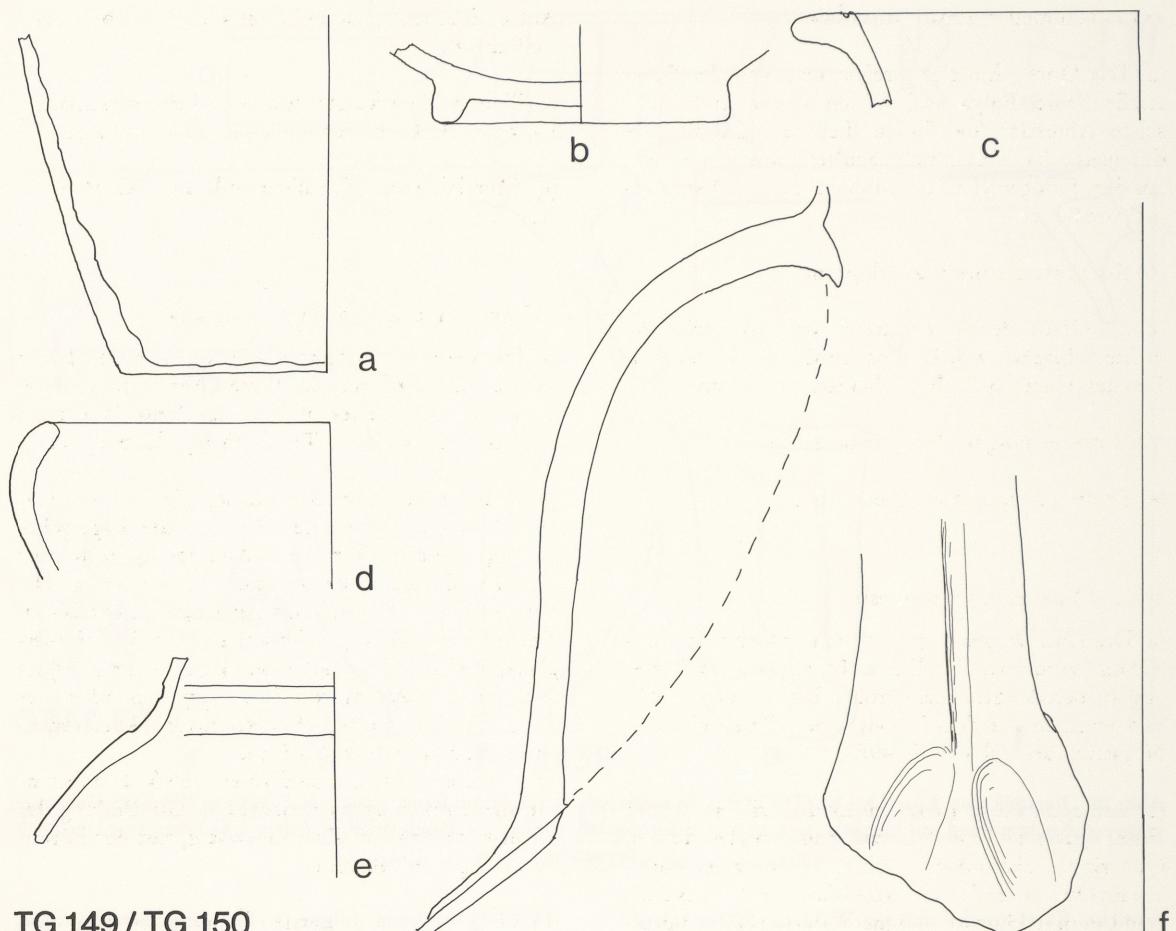


Abb. 20 Keramik von Yaşıyer (TG 149) und Arapuçandere (TG 150). – a Gefäßboden mit Drehwülsten, braun, 13.-14. Jahrh.? (TG 149). – b Rand, rötlich, rauh. – c Boden einer Schale, rot, seifig, hellenistisch. – d Einzugrandschale, rot, seifig. – e Fragment, rötlich, seifig. – f Henkel, braun, seifig, glimmer- und quarzgemagert.

Magnetkies und Malachit. Die erzführenden Partien am Kontakt werden bis zu 20 cm mächtig. Kissen- oder linsenförmige Erzkörper sind im Marmor zu beobachten. Die Entstehung der Lagerstätte wird als metasomatisch beschrieben (s. Anm. 16).

(c) Der Bleibergbau besteht aus einem Stollen und einem Tagebau. Er wurde erst vor zwei Jahren stillgelegt.

(d) Keine Schlackenvorkommen.

(e) Keine archäologischen Zeugnisse.

TG 147 Kıracoba, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf Kıracoba erreicht man von der Fahrstraße Havran-Kalkim nach Osten über Doma. Das Metallvorkommen liegt 1 km südlich des Dorfes am Bach

Deliktaş. Die Hänge sind mit Eichenbüschern bewachsen.

(b) Eine Serie von neogenen Vulkaniten ist hydrothermal vererzt. Ein kleineres Vorkommen bei Kıracoba führt hauptsächlich Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit und Kupferkies. Bleiglanz und Zinkblende kommen in großen Kristallen vor, wobei Bleiglanz das Hauptmineral ist.

(c) Der Bleibergbau besteht aus einem Stollen mit Erzhalde und wurde im vergangenen Jahr aufgegeben.

(d) Ein kleines Schlackenvorkommen mit 0,3 t liegt auf der gegenüberliegenden Seite des Baches. Die Streufunde bestehen aus schwereren Schlackenbrocken mit Fließstrukturen und vielen kleinen Schlackentropfen. Auch vereinzelte Keramikscherben kommen vor.

(e) Keine archäologischen Zeugnisse.

TG 148 Ahmetler, Prov. Çanakkale

(a) Das Dorf Ahmetler erreicht man von der Fahrstraße Yenice-Balya nach Süden abzweigend. Zwischen Ahmetler und Sunçu fließt der Sunçu Dere durch eine Schieferschlucht. Schlackenfunde stammen aus dem Flußgeröll bei der Mühlenruine, ca. 1 km südlich von Sunçu.

(b) Kein anstehendes Erzvorkommen.

(c) Im Geröll des Baches treten vereinzelt schwere, dichte Schlacken auf. Demnach müssen oberhalb im Einzugsgebiet des Baches Schlacken vorkommen³⁵.

(d) Untersuchung noch nicht abgeschlossen.

(e) Keine archäologischen Zeugnisse.

TG 149 Yaşyer, Prov. Balıkesir

(a) Das Dorf Yaşyer liegt ca. 9 km nördlich von Edremit und wird über Dereli erreicht. Südlich des Dorfes liegt östlich der Straße ein großer Tagebau (TG 149A) und westlich auf dem Dervisahmed Tepe bei 200 m NN eine Karsthöhle (TG 149B).

(b) Am Kontakt zwischen einem Kalksilikatfels und einem Quarzit ist eine Vererzung ausgebildet, die den Quarzit z.T. diskordant durchschlägt. Einzelne Bereiche im Quarzit sind stark serizitisiert. Die Erzminerale sind Limonit, Hämatit, Magnetit, Pyrit, etwas Kupferkies und Magnetkies. Die Lagerstätte wird als metasomatisch bis hydrothermal angesehen (s. Anm. 16). Sie wurde in neuerer Zeit zum Ockerabbau genutzt (s. Anm. 16 u. 24).

In der Karsthöhle TG 149B tritt eine schwache Vererzung mit Hämatit, Magnetit, Limonit und Pyrit auf. An einzelnen Stellen ist ein Anflug von sekundären Kupfermineralen zu sehen. Bei diesem Vorkommen scheint es sich um eine metasomatische Vererzung zu handeln.

(c) Der ausgedehnte Tagebau bei TG 149A auf Eisen soll nach Auskunft eines Dorfbewohners vor wenigen Jahren aufgelassen worden sein. Im Tagebau sind zwei ältere, kurze Strecken und ein Schacht angeschnitten. Die ca. 30 m tiefe Karsthöhle TG 149B ist durch Bergbautätigkeit erweitert worden. Dabei wurde Brauneisen gewonnen. In einem domartigen Raum ist eine 10 m hohe Wand im Brauneisen mit Werkzeugspuren bedeckt. Es gibt auch kurze, gehauene Strecken. Das Alter des Abbaus ist unbekannt, aber die Art der

Anlage lässt eine spätantike bis mittelalterliche Zeitstellung zu.

(d) Wenige Schlackenstreufunde und eine verschlackte Düse bei TG 149B. Vermutlich Eisenverhüttung.

(e) Mittelalterliche Gefäßkeramik aus TG 149B (s. Abb. 20).

TG 150 Arapuçandere, Prov. Çanakkale

(a) Das Bergwerk Arapuçandere liegt nordöstlich von Yenice und wird von der Straße Yenice-Balya über Karaköy und weiter über Feld- und Waldwege erreicht. Im bewaldeten Talschluß liegt das Bergwerk.

(b) Schiefer, Arkosen, Sandsteine, Diabase und neogene Vulkanite bilden den Rahmen der Lagerstätte Arapuçandere (s. Anm. 16). Mächtige hydrothermal gebildete Gänge durchziehen das Nebengestein. Die Vererzung ist sehr reich, die Erzgänge werden bis zu einem Meter mächtig. Es kommen hauptsächlich Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Pyrit, untergeordnet Malachit und Azurit vor. Das Hauptmineral ist der Bleiglanz. Er ist gut ausgebildet, einzelne Würfel erreichen eine Kantenlänge bis 5 cm.

In neogenen Tufflagen sind an einigen Stellen linsenförmige Erzkörper zu beobachten. Die Bildung der Lagerstätte steht im Zusammenhang mit der Förderung neogener Vulkanite.

(c) Bei dem noch in Betrieb befindlichen Blei- und Zinkabbau entlang der gangförmigen Vererzung sind viele ältere Gruben angeschnitten worden. Davon gibt es sowohl unregelmäßig geformte Gruben mit relativ frischen Werkzeugspuren als auch solche mit engen rechteckigen Querschnitten. Möglicherweise sind die ersten in die byzantinische oder osmanische Phase und die regelmäßig angelegten Gruben in die Antike einzuordnen. Es sollen nach Auskunft der Bergwerksingenieure noch viele alte Stollenmundlöcher am Hang vorkommen.

(d) Nahe beim Hauptschacht des heutigen Bergwerks liegen am Hang verstreute Schlackenstücke. Vermutlich lagen hier einmal mehr Schlacken, doch sind sie vom Bach weggerissen. Es sind überwiegend Glasschlacken mit oder ohne Blasen und seltener Fayalit-schlacken mit großen Bleieinschlüssen.

(e) In der Nähe des Bergwerkes findet sich reichlich hellenistische Keramik, die auch den antiken Abbau datieren dürfte (Abb. 20).

³⁵ Dieser Fund deckt sich mit Dr. Haudes (Hannover) Mitteilung, daß zwischen Ahmetler und Kiriklar in Schiefergebieten überall Schlackenplätze vorhanden seien. Befra-

gungen durch uns in den Dörfern Kiriklar, Ahmetler, Sunçu und Ögmen nach Schlacken waren allerdings ergebnislos.

TG 151 Bekten, Prov. Çanakkale

- (a) Das Dorf Bekten liegt 7 km nördlich von Yenice. Die Gruben liegen ca. 2 km südöstlich des Dorfes auf einem dicht bewaldeten Hang.
- (b) Das Blei-Zink-Vorkommen von Bekten ist an der Oberfläche nicht aufgeschlossen. In einer großen, unterirdischen Karsthöhle ist im Kalkstein an einigen Stellen eine Vererzung zu beobachten. Hier kommen Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Kupferkies und – untergeordnet – Malachit vor. Das Erz zeigt einen rhythmischen Aufbau. In der kalkigen Matrix wechseln Bleiglanz- und Zinkblendebändchen. Die Entstehung des Vorkommens wird auf Karstbildung zurückgeführt.
- (c) Durch ein 2 m tiefes Schachtloch gelangt man in eine Karsthöhle, die an den Wänden Vererzungen trägt. Künstliche Durchschläge zwischen Höhlenkammern, gehauene Strecken, Abbaunischen mit gut erhaltenen Gezähespuren und Gesteinsversatz sind vorhanden. Die Überreste ehemaliger Bergbauaktivitäten sind dick versinternt. Das hohe Alter wird auch durch eine ^{14}C -Datierung an Holzkohle, die unter der Sinterkruste aus dem Versatz entnommen wurde (Taf. 93, 4), belegt. Das Alter von 2220 ± 45 Jahren (HD 8279-8457), korrigiert etwa 200 v. Chr., spricht für hellenistische Blei-Silbergewinnung.
- (d) Keine Schlackenfunde.
- (e) Keine archäologischen Funde.

TG 152 Menteşdere, Prov. Balıkesir

- (a) Die Gruben von Menteşdere erreicht man von der Straße Ivrindi-Bergama beim Dorf Dualar abbiegend und auf unbefestigter Straße 3 km nach Südosten fahrend bis zur Holzbrücke über den Menteşdere und von hier den Bach ca. 0,5 km aufwärts.
- (b) Eine Folge von Vulkaniten und Tufflagen wird von Erzgängen unregelmäßig durchzogen. Die Vererzung der Lagerstätte ist an mehreren Stellen gut zu beobachten. Die Erzbänder werden bis zu 15 cm mächtig. Sie führen in der Hauptsache Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies und Pyrit. Einzelne Tuffbereiche sind stark verkieselt und enthalten feinverteilte Bleiglanzwürfchen. Die Bildung der Lagerstätte wird einer hydrothermalen Lösungszufuhr zugeordnet.
- (c) Auf beiden Seiten des Menteşdere sind mindestens zehn, z.T. ausgezimmerte Stollen. Der Bergbau wurde erst vor einigen Jahren aufgelassen. Fragliche Spuren alten Bergbaus wurden nur am gegenüberliegenden

Hang gesichtet: eine Tellerpinge mit kleinstückigem Haldenmaterial und ein verschütteter höhlenartiger Abbau.

- (d) Ein einzelner, nußgroßer Brocken einer glasigen Schlacke (Bleiverhüttung?) lag im Bachbett.
- (e) Keine Keramikfunde, 1 Silex.

TG 153 Madenbeleni Tepe, Prov. Bursa

- (a) Madenbeleni Tepe liegt südlich des Ulu Dağ Massivs, 3 km westlich der Abzweigung Bağı von der Straße Bursa-Soğuk Pınar. Hier finden sich am bewaldeten Nordabfall des Plateaus Bergbau- und Verhüttungsspuren.
- (b) Bei diesem Punkt sind mehrere kleinere Vererzungen aufgeschlossen. Sie sind zurückzuführen auf den Kontakt zweier vergreister Granitkomplexe entlang einer tektonischen Linie. Neben dem Granit stehen Schiefer und Arkosen an. An Erzmineralen kommen Bleiglanz, Zinkblende, Arsenkies, Kupferkies, Pyrit und Fahlerz vor. Oft durchziehen den Schiefer kleine Erzäderchen. Die einzelnen Minerale sind hier fein miteinander verwachsen. Die Mineralisation in Griesen ist auf spätmagmatische Umwandlung der Granite zurückzuführen. Das von Çağatay et al.³⁶ beschriebene Auftreten von Zinnkies und Zinnstein konnte bisher weder makroskopisch noch mikroskopisch bestätigt werden.

(c) Am Nordhang der Verebnungsfläche des Madenbeleni Tepe, zum Handere Tal hin, liegen zwei Mundlöcher zu ca. 10 m langen Schrägschächten (Taf. 93, 6). Der östliche der beiden Schächte ist im oberen Teil zu Prospektionszwecken erweitert, im unteren Teil mit rundem Querschnitt und vierkantigen Gezähespuren. Der westliche Schacht besitzt unregelmäßige Form und keine Gezähespuren. Außerdem sind für Prospektionszwecke Schürfe mit Halden angelegt worden.

- (d) Zwei Schlackenvorkommen wurden gefunden. Die höherliegende Halde, ca. 20 m unterhalb des Plateaus, mit insgesamt ca. 100 t besteht aus schweren, kompakten, bis zu tellergroßen Fließschlacken, z.T. grünlich-bläulich verwitternd. Es wurden auch Manganoxidbrocken, die wohl als Zuschlag benutzt wurden, im Schlackenhaufen beobachtet. Holzkohle, die aus den Schlacken ausgelesen wurde, ergab ein ^{14}C -Alter von 205 ± 30 a (HD 8348-8458), das korrigiert 1650-1670 n. Chr. oder 1740-1800 n. Chr. bedeuten kann. Die tiefer liegende Halde, ca. 150 m weiter unten am Hang des Handeresi Tals, ist der oberen ähnlich. Eine Probe

³⁶ A. Çağatay, Y. Altun u. B. Arman, Mineralogy of the Madenbelenitepe (Soğukpınar-Bursa) tin mineralisation. MTA, Ankara 1981.

aus dieser Halde (TG 153B-1) enthielt etwa 0,1 % Zinn. Es sollen noch weitere Schlacken am Hang vorkommen.

(e) Kaptan³⁷ vermutete hier eine Rohstoffquelle für das Zinn der Frühen Bronzezeit. Aufgrund unserer Erz- und Schlackenanalysen und Datierung muß jedoch die Deutung dieses Vorkommens als frühe Kupfer-Zinn-Gewinnungsstätte skeptisch beurteilt werden. Sie sprechen eher für osmanische Silbergewinnung.

TG 154 Keles, Prov. Bursa

(a) Auf der Hochebene nordöstlich von Keles gibt es in ca. 1100m NN drei Schlackenvorkommen, die über Forstwege bequem erreicht werden können, und zwar bei Kendir Yayla (TG 154 A), Yayla Kod 21 (TG 154 B) und Gelemiç Yayla (TG 154 E). Bergbauspuren sind am Südabfall der Hochebene im Tal des Bahçedere erhalten, und zwar bei Gelemiç Bahçedere (TG 154 C) und Gelemiç Mağara (TG 154 D).

(b) Die Intrusion eines Granits in einen Kalkstein hat zu einer Skarnvererzung bei TG 154 C geführt. Am Kontaktbereich sind mehrere kleine Vererzungen aufgeschlossen. Die Erzminerale sind Pyrit, Limonit, Kupferkies, etwas Bleiglanz, Molybdénit, Azurit und Malachit. Die Mineralisation ist linsenförmig und in Bändern ausgebildet.

TG 154 D ist eine Karsthöhle. An den Wänden sind schwache Vererzungsspuren zu erkennen. Die Mineralisation beinhaltet im wesentlichen Limonit und Malachit.

(c) Die Bergbaureste bei TG 154 C bestehen aus zwei Stollen und einer Halde. Der Bergbau ist vor 30 Jahren aufgelassen worden. Hier soll beim Abbau eine römische Münze aus dem Jahre 324 n. Chr. gefunden worden sein. Alte Abbauspuren konnten während unseres Besuches nicht festgestellt werden. Folgt man dem Pfad am westlichen Talhang nach Süden, erreicht man nach 15 Minuten die Karsthöhle TG 154 D mit vorgelagerter Halde. Die Höhle ist offensichtlich bergmännisch erweitert worden, um Erz (Brauneisen, sekundäre Kupferminerale) zu gewinnen. Die Höhle ist ca. 20m groß, mit unregelmäßigen Weitungen, Abbautischen (Taf. 94, 1), Gezähespuren und Stützpfeilern. Für ein hohes Alter des Abbaus spricht die starke Versinterung des Haufwerks auf der Sohle.

(d) Das Schlackenvorkommen TG 154 A erstreckt sich über 1 ha, ist bis zu 1 m mächtig und wird auf 15 000t geschätzt. Die bis 30cm großen Fragmente sind dicht,

schwer, z.T. glasig und besitzen grüne Sekundärmineralbildungen. Einige Fragmente von Gefäßkeramik und wenig Ofenkeramik liegen zwischen den Schlacken eingebettet. Die Schlackenhalde ist weitgehend für Schotterzwecke abgetragen worden. Die Schlackenhalde TG 154 B ist ähnlich, aber mit 4000t wesentlich kleiner. Noch kleiner (ca. 1000t) ist die Halde TG 154 E am Südrand der Hochfläche, aber auch von hier stammen Keramikfunde. Bei allen drei Schlackenplätzen handelt es sich um Kupferverhüttung. Die Frage, inwieweit diese Verhüttung mit dem Erzvorkommen TG 154 C zusammenhängt, ist noch offen.

(e) Mehrere Keramikbruchstücke unbestimmten Alters (Abb. 21).

TG 155 Gümüşköy, Prov. Kütahya

(a) Dieser riesige Bergbaudistrikt wird erreicht von der Straße Kütahya-Tavşanlı aus, im Dorf Köprüören abzweigend nach Süden zum Dorf Gümüşköy. Das Dorf selbst ist auf Schlacken gebaut (TG 155 D). Der sich über einige Quadratkilometer erstreckende Bergbau liegt am Tavukkiran Tepe und Aktepe südwestlich von Gümüşköy.

(b) Die Lagerstätte Gümüşköy erstreckt sich über mehrere Quadratkilometer. Paläozoische Schichten werden von rhyolitischen Ganggesteinen durchschlagen (s. Anm. 14). In stark verkieselten Tufflagen sind ergiebig vererzte Gänge zu beobachten. Die Mineralisation der Lagerstätte beinhaltet Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Kupferkies, Antimonit, Pyrargirit, Freibergit, Proustit, Baryt, Antimonocker, gediegen Silber, Realgar und Auripigment. Der Bleiglanz ist z.T. gut ausgebildet. Er kommt gangförmig und brekziös verteilt in kieseliger Grundmasse vor.

Die Bildung der Lagerstätte ist unsicher, jedoch hat die Vererzung in diesem Bezirk in mehreren unterschiedlichen Phasen stattgefunden.

(c) Das Gebiet um den Aktepe und Tavukkiran Tepe ist durch zahllose alte Abraumhalden gekennzeichnet (Taf. 94, 2) mit Überresten von Gebäuden, Gefäßkeramikscherben und Geräten zur Erzaufbereitung (Mühlen, Läufersteine, Amboßsteine, Klopfsteine) (Taf. 94, 3-5). Bei rezenten Prospektionsarbeiten wurden am Nordhang des Aktepe alte Gruben 36m untertage angetroffen. Im Haufwerk dieser Gruben finden sich vereinzelt Holzkohlebröckchen, wohl Überreste des Geleuchs der alten Bergleute. Am Tavukkiran Tepe wurde eine 3m lange, alte Kriechstrecke beobachtet.

(d) Schlacken kommen weit verbreitet im Dorf vor.

³⁷ E. Kaptan, The significance of tin in Turkish mining history and its origin. Bull. Min. Res. Explor. Inst. of Turkey, No. 95/96, 1983, S. 106-114.

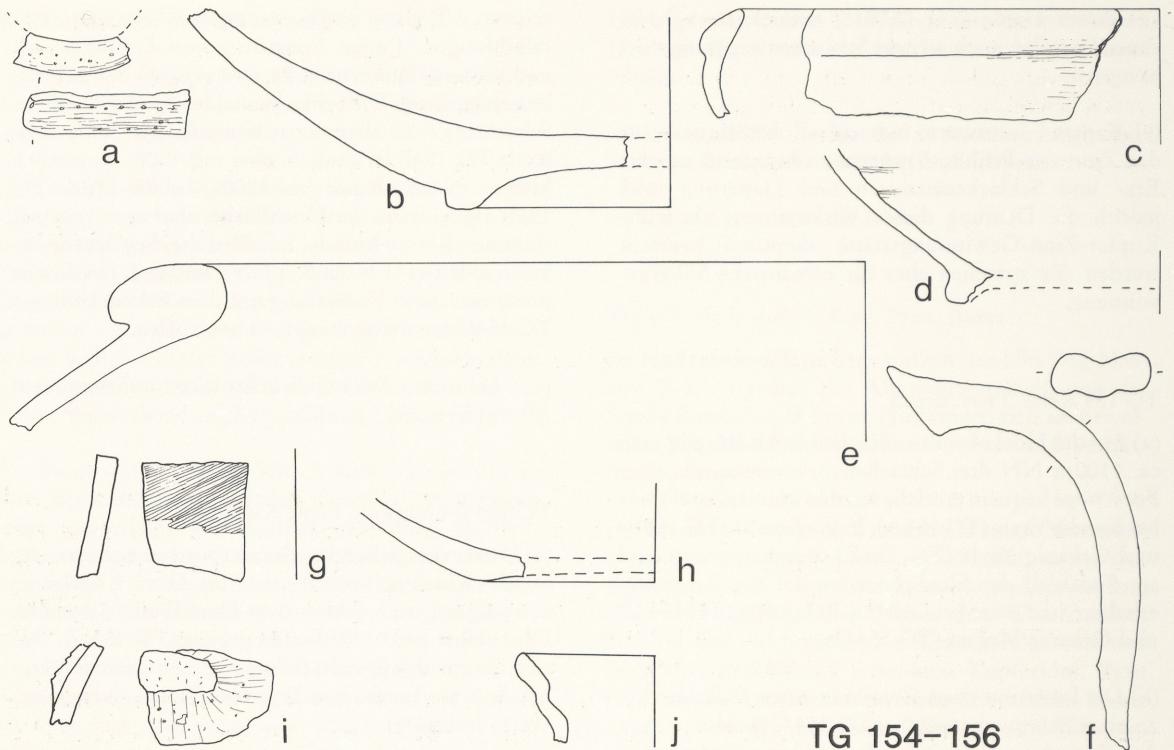


Abb. 21 Keramik von Keles (TG 154), Gümüşköy (TG 155) und Tahtaköprü (TG 156). – a Düsenbruchstück, 5,5 cm Durchmesser, rötlich, quarzgemagert (TG 154B). – b Schüsselboden, hellbraun, außen überdreht (TG 154E). – c Schalenrand, pastos, grau, hellenistisch. – d Gefäßboden, grau. – e Großgefäß, rötlich, hellenistisch (TG 155). – f Bandhenkel. – g Braun, außen mattrot, bemalt. – h Boden, rötlich, quarzgemagert. – i Henkelansatz, hellbraun. – j Braun, hochgebrannt mit deutlichen Drehrillen, hochmittelalterlich.

Das Dorf ist über einem ehemaligen Verhüttungsplatz erbaut. Mengenabschätzungen sind deswegen schwierig. Es handelt sich um dichte, schwere und kleine Schlackenfragmente.

(e) Als Alter des Abbaus hat kürzlich Demirok³⁸ ein ¹⁴C-Alter von 3900 a erwähnt. Aufgrund dieses Alters, der Feldbeobachtungen und der großen Ausdehnung dieses Distrikts ist es sehr wahrscheinlich, daß Gümüşköy während der frühen Bronzezeit ein außerordentlich wichtiges Zentrum der Blei-Silber-Gewinnung war, das noch eingehender archäometallurgischer Bearbeitung bedarf.

TG 156 Tahtaköprü, Prov. Bursa

(a) Dieses Vorkommen befindet sich ca. 5 km nordwestlich vom Paß Kocayaylar, der südlich von Tahtaköprü an der Straße nach Tavşanlı liegt. Die Vererzung ist in dem Tagebau Kazmut Tepe (TG 156A) erschlossen. Hangabwärts nach Norden ist im Demirkoku

Dere vom Bach eine Schlackenhalde (TG 156B) ange schnitten. Die Gegend ist dicht bewaldet.

(b) In der Kontaktzone eines permotriassischen Kalksteins zum Granit ist Wollastonitfels ausgebildet. Er wird von dünnen Erzäderchen durchzogen, die stellenweise knollenförmig verdickt sind. Hierbei handelt es sich um eine Verwachsung von Bornit, Kupferkies, Covellin und Malachit.

(c) In dem jetzt aufgelassenen, auf Wollastonitabbau angelegten Tagebau (TG 156A) sind mehrere alte Strecken und Schächte aufgesprengt worden, die Chal kositadern im Wollastonit folgen. Auf den Sohlen und Wänden der alten Strecken ist Versatz festgesintert, der große Mengen an Holzkohlebrocken enthält (Taf. 93, 7; 94, 6).

Wahrscheinlich mußte der außerordentlich zähe und harte Wollastonitfels für die Kupfererzgewinnung durch Feuersetzen zermürbt werden, wobei viel Holzkohle anfiel. Einige kleine Keramikfragmente wurden auf der Oberfläche neben dem Tagebau beobachtet.

³⁸ M. H. Demirok, Kütahya Gümüşköy Maden Yatağı, MTA Haberleri Sayı 1, 1982, 3-2.

(d) Die Schlackenhalde TG 156B erstreckt sich über 60x60m und wird auf 10000t geschätzt. Sie wird für Wegebau verwendet. Die dichten, schweren, bis kopf-großen Schlacken, teils glasig, teils fayalitisch, zeigen Fließstrukturen und grüne, sekundäre Kupferminerale, Keramikfunde sind selten. Der Boden unter den

Schlacken ist z.T. verziegelt. Ein Erzbrocken aus der Halde zeigt Malachit in Granathornfels. Daher ist es unwahrscheinlich, daß das hier verhüttete Erz aus dem Vorkommen TG 156A stammt.

(e) Keine archäologischen Zeugnisse.

I.B., C.E., Ö.Ö., E.P., T.C. S., G. A. W.

3. Zusammenfassung der Feldbeobachtungen

a) Bergbau

In Abb. 22 ist eingetragen, welches Metall bei den im Katalogteil beschriebenen Fundstellen vorwiegend gewonnen wurde. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß einige Erzvorkommen mehr als ein Metall enthalten, das im Altertum wirtschaftlich abgebaut werden konnte. Ein typisches Beispiel ist die Lagerstätte von Soğukpinar (TG 153), die in der Literatur (s. Anm. 36 und 37) als Kupferlagerstätte mit Zinngehalt beschrieben wird, während die Verhüttungsschlacken in der Nähe des Bergwerkes eher für die Gewinnung von Blei und Silber, die ebenfalls im Erz enthalten sind, sprechen.

Eine vorläufige Datierung der Bergbau- und Verhüttungsaktivitäten ist in Abb. 23 zusammengefaßt. Sie gründet sich auf Keramikfunde an den einzelnen Fundstellen, physikalische Datierungsmethoden (^{14}C und Thermolumineszenz, s. Kap. 4 b) und auf die Art der Grubenanlagen und der Abbautechniken. In Abb. 23 ist jeweils nur die älteste Phase eingetragen. Es ist aber für alten Bergbau typisch, daß eine Lagerstätte immer wieder aufgesucht und in verschiedenen Kulturperioden genutzt wurde. Am besten ließ

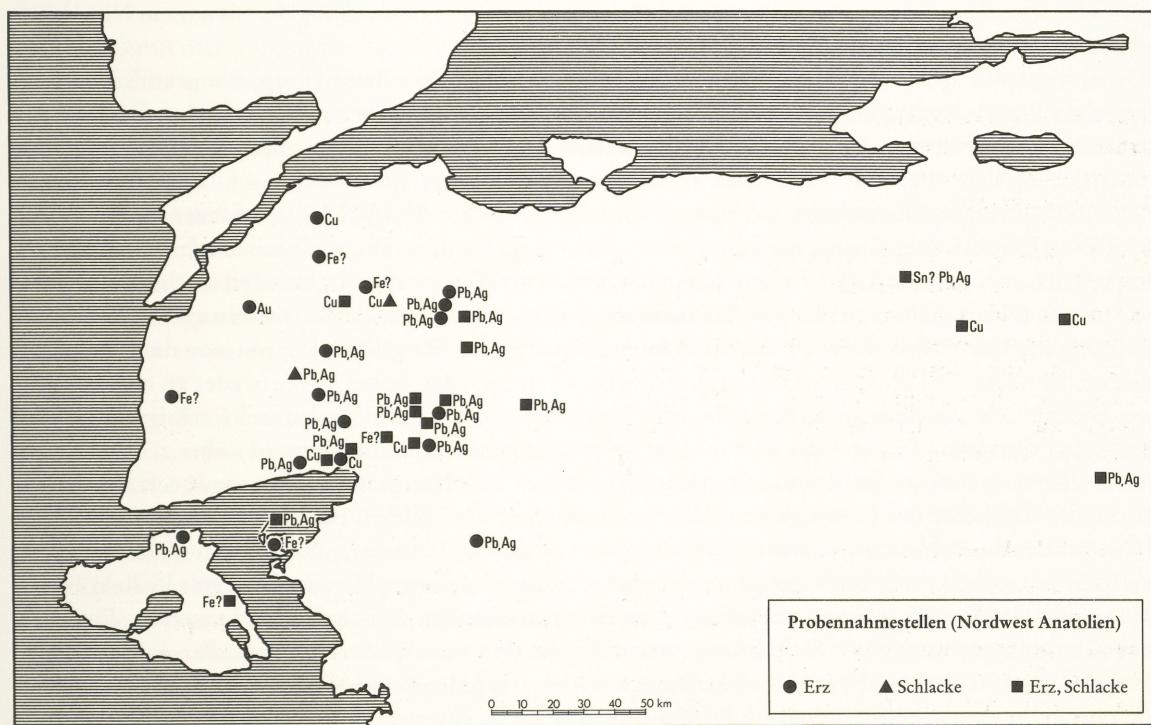


Abb. 22 Aufschlüsselung der im Katalogteil beschriebenen Fundstellen nach dem Metall, das vorwiegend gewonnen wurde (Stand 1983).

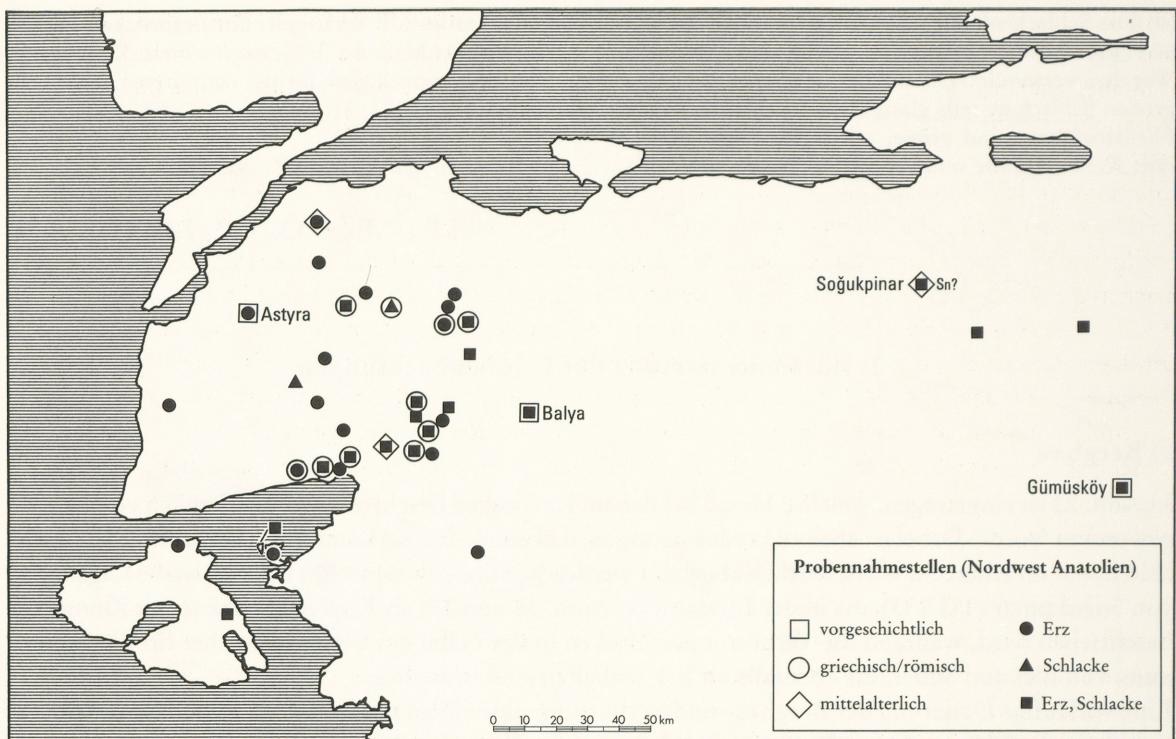


Abb. 23 Vorläufige Datierung der jeweils frühesten Bergbau- und Verhüttungsaktivitäten (Stand 1983).

sich dies in Balya (TG 18) erkennen, aber auch bei anderen Stellen wurden ähnliche Beobachtungen gemacht, so daß man durchaus eine vorläufige Klassifizierung und Beurteilung der bis jetzt in Nordwestanatolien gefundenen Bergbauspuren vornehmen kann.

Als stratigraphisch älteste Abbauf orm erweist sich ein uralter Bergbautyp, der grundsätzlich im Streichen der Vererzung ausgerichtet, dieser möglichst schnell an Teufe gewinnend folgt. Der zumeist ovale nur kriech- und schliefbar befahrbare Grubenbau wird hier mit dem antiquierten Begriff Gesenk beschrieben, der vereinzelt auch noch in unserem Jahrhundert für schräg nach abwärts führende Schächte beliebigen Querschnitts verwendet wird (nicht nur für Blindschächte, sondern auch für Tagsschächte). Die mehrfach beobachtete Eigentümlichkeit liegt für diese ältesten Einbaue darin, daß sie sich korkenzieherartig in die Tiefe winden. Soweit aufgrund von Grubenbeobachtungen erschließbar, dürfen jeweils zwei solche Gesenke parallel zueinander getrieben worden sein. Dies entspricht einer Vorrichtung der Lagerstätte für einen Abbau. Unter Belassung von Bergfesten konnte man dann zwischen den beiden Gesenken die Lagerstätte auserzen, wohl auch nach den Seiten hin entweder zu einem weiteren Gesenk, oder, wo dies durch Vertauben der Lagerstätte nicht sinnvoll war, durch Verfolgung des auskeilenden Gangtrums. Ungeklärt ist, ob dabei Versatz eingebracht wurde (er wird sicher z.T. bei jüngeren Befahrungen ausgeräumt worden sein) oder ob sich das Hangende auf den ausgeerzten Abbau senkte, so daß heute der Eindruck von Erzfesten entsteht. Nur in einem Fall sind in den Abbautaschen Holzkohlereste nachgewiesen, wie dies für die Verwendung der Feuersetzmethode grundsätzlich anzunehmen ist, jedoch muß damit gerechnet werden, daß man auch ohne Feuersetzen mit Pickeln Hohlräume ausgeschlagen hat. Lampennischen ließen sich in vorantiken Abbauen nicht feststellen. Erst nach der Kenntnis querschlägiger Auffahrung, was mit dem Bau von Wasserleitungsstollen in der Antike zusammengehen dürfte, läßt sich der nächstjüngere Abbau typologisch einordnen. Wohl seit archaischer Zeit bis in die römische Kaiserzeit sind somit jene Gruben zu datieren, deren Kennzeichen eine saubere Schlägel-Eisentechnik ist. Die meist söhlig geführten Strecken können von Gesenken aus entwickelt werden. Die Strecken sind dabei, der Lagerstätte angepaßt, meist als Kriechstrecke ausgebildet oder

zumindest nur in gebückter Haltung befahrbar. Für die Ausrichtung ist charakteristisch, daß die Hauptstrecken oftmals in stumpfem Winkel ausweichen, offensichtlich um die Lagerstätte wiederzufinden, daß aber auch notfalls mit kurzen Aufhauen (kleinen senkrechten Schächten, die zumeist mit wenigen Klimmzügen überwunden werden können und in denen wohl ursprünglich Steigbäume eingebaut waren) oder mit ebensolchen Abhauen versucht wurde, ins Hangende oder Liegende vorzudringen. Blind endende Feldörter besitzen zumeist eine kreuzförmige Abzweigung symmetrisch zur Ortsbrust und beweisen, daß man mit einer gewissen Systematik vorgegangen ist. Soweit erkennbar, hat man bei steilgestellten Lagerstätten mit größerer Mächtigkeit mit querschlägigen Feldörtern gearbeitet, aber zur nächsten Sohle oftmals einige Dezimeter Bergfeste stehengelassen (dies war besonders gut in Astyra, TG 132B, zu erkennen). Sowohl der Streckenvortrieb als auch der Abbau folgte Prinzipien, die wir aus der antiken Steinbruch- und Steinmetztätigkeit kennen; man hat den Eindruck, daß gleichsam Quader gebrochen werden sollten. Ob die senkrecht geteilten Vortriebsscheiben in Balya eine Besonderheit gegenüber anderen antiken Gruben darstellen, müssen künftige Forschungen erweisen.

Einen ganz anderen Eindruck vermitteln jene Abbau- und Untersuchungsspuren, die nach TL- und ¹⁴C-Datierung der byzantinischen Epoche zugeschrieben werden können und die eigentlich mit der im Volksmund überlieferten Tätigkeit der Genuesen in Zusammenhang stehen.

Die Querschnitte der Feldörter, Strecken und der nun häufiger nachzuweisenden Blindschäfte sind oval. Die Firste nimmt dabei in zum Abbau vorbereiteten Örtern, aber auch zur Untersuchung von Strecken in der Firste den Charakter regenschwerer Wolken (mammatus-Bildung) an. So nachlässig diese Arbeit auf den ersten Blick erscheinen mag, muß man doch bedenken, daß im heutigen Bergbau der ovale Querschnitt sich gegenüber dem runden als statisch günstiger erwiesen hat; er ergibt sich automatisch, wenn man die Ulme weder in der Sohle noch in der Firste beräumt. Es wäre auch ungerecht, diese Abbauweise nur aufgrund der Nacharbeitungsspuren in den heute noch zugänglichen Gruben beurteilen zu wollen. Jedenfalls ist diese, der uralten Bauweise der ältesten Phase so wesensverwandte Methode ebenfalls an eindeutiger Gesteinsarbeit im Nebengestein, d.h. an der querschlägigen Auffahrung erkennbar. Eine Verwechslung ist bei gründlicherem Studium der Einzelheiten in der Grube kaum möglich.

Spätestens mit dem Zusammenbruch der byzantinischen Herrschaft ändert sich auch die Bergbautechnik. Auch hier sind unter Umständen bei besserer Kenntnis weiterer Abbaue noch typologische Unterscheidungen möglich. So zeigt die stratigraphisch jüngere Nachuntersuchung der Grube Balya wiederum, daß diese nach strengen Bergbauregeln geführt wurde. Nachuntersuchungen in antiken Strecken geschehen durch Beprobung der Sohle mit etwa 60 cm tiefen Abhauen rechteckigen Querschnitts; oftmals wird von solch einem Punkt aus auch ein kleiner Querschlag angelegt. Überfahrungen antiker Blindörter werden zwar nicht so sauber ausgespitzt; die Streckenführung bleibt aber zumeist rechteckig im Querschnitt, lediglich die Richtung wird nicht so schnurgerade gehalten. Lampennischen wurden bei der eher flüchtigen Befahrung dieser jungen Grubenteile nicht gefunden. Dies steht in Einklang mit noch jüngeren Abbauspuren, die wohl erst der Bergbauphase unter Sultan Mehmed, dem Erneuerer, angehören dürften.

Man gewinnt den Eindruck einer kaum auf die Sicherheit des Bergmannes bedachten Arbeit. Der Grubenausbau ist, wenn überhaupt vorhanden, viel zu schwach; auch in druckhaften Grubenteilen scheint keine weitere Vorsorge getroffen worden zu sein. Charakteristisch möge die Schilderung solcher Zustände im Jahre 1836 von W. J. Hamilton³⁹ sein, der bei Befahrung einer Grube in Gümüşhane im Pontus schreibt: »Ungeachtet meiner... Abenteuer konnte ich der Versuchung nicht widerstehen, auch diese Grube zu befahren, die ... dennoch wesentlich gefährlicher ist. Eine Zimmerung existierte nirgends. Die Querstrebe waren direkt ins Anstehende vorgetrieben. Die Richtung des Hauptstollens fiel 20° nach Süden ein; von diesem zweigten Querstrebe in alle Richtungen ab. Manchmal erweiterten sich diese zu geräumigen Kammern, andere wiederum verengten sich zu schmalen Durchlässen, die entweder in senk-

³⁹ Zitat nach H. G. Bachmann, Pontus – Studie zur Geschichte einer Metallprovinz, Der Anschnitt 28 (1), 1976, 14-24, S. 15.

rechte Klüfte ausliefen oder sich horizontal fortsetzten. In einer dieser Kammern verschwand das Liegende in einem See oder Reservoir, jenseits dessen ich im Schein der Grubenlampe eine Anzahl von Bergleuten ausmachen konnte, die vor Ort erzhaltiges Gestein brachen. Im ganzen schien ihr Abbau weder System noch Methode zu haben...».

Gerechterweise muß man aber bemerken, daß in dieser Zeit der industriellen Revolution auch in Kohlengruben Englands Kinder unter gänzlich unzulänglichen Bedingungen im Bergbau arbeiten mußten. Jedenfalls werden die in manchen Gruben nachzuweisenden Bohrlöcher vielfach erst dem 19. Jahrhundert angehören. Die modernen Aufschließungsarbeiten, die als jüngste Spuren überall nachzuweisen sind, können in unserem Zusammenhang übergangen werden. Zumeist sind sie es aber, die uns das Studium älterer Bergbauspuren untertags erst ermöglichen.

b) Archäologische Zeugnisse in Zusammenhang mit Bergbauspuren

Aufbereitungshalden und Schmelzstätten in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Bergbau sind nur selten zu sehen. Daß diese oft Keramikreste oder andere archäologische Einschlüsse bergen, braucht nicht betont zu werden. Wichtiger ist hier, daß großflächige nachträgliche Veränderungen vorkommen können, die die ältesten Spuren oftmals bis zur Unkenntlichkeit verwischen. So liegen von den meisten Schmelzplätzen nur leicht erkennbare Keramikbruchstücke hellenistischer, römischer oder mittelalterlicher Prägung vor. Vereinzelt nachgewiesene handgearbeitete Keramik muß nicht unbedingt urzeitlich sein, da es mittelalterliche und jüngere handgefertigte Töpferware aus Anatolien gibt. Jedoch ist die Beurteilung der zumeist vorliegenden groben Ware, von Einzelfällen abgesehen, noch ein Desiderat der Forschung. Angesichts dieser Situation wird verständlich, daß man, um die Forschungen abzurunden, das Bedürfnis entwickelt, auch andere archäologische Zeugnisse der Umgebung kennenzulernen und einzubeziehen. Dabei handelt es sich aber zumeist um Zufallsfunde, die gleichsam nebenbei anfallen und daher auch nicht mit derselben Gründlichkeit untersucht werden konnten. Immerhin ist erwähnenswert, daß sowohl Astyra als auch Balya sich durch ein archäologisch differenziertes Hinterland auszeichnen, das deren Bedeutung für vorantiken Bergbau nur unterstreicht.

Weder Pericharaxis noch Astyra noch das offensichtlich in den gleichen topographischen Zusammenhang gehörende Kremaste sind aber bislang eindeutig identifiziert. Wenn dies überhaupt gelingen kann, dann sicher nur über epigraphische Evidenz. Zunächst zur einfacher erscheinenden Situation von Pericharaxis:

Wiegand (s. Anm. 18), der Balya, das »Wegkastell« am Kocaçay und die antike Grube am Kızıltepe kennt, entscheidet sich entgegen der etymologischen Namenserklärung für die Gräber- und Siedlungsreste im Grubenbereich selbst. Die für Pericharaxis evidenten epigraphischen Zeugnisse in Balıkesir und Balya waren sicherlich nicht mehr *in situ*. Die einzigen bedeutenderen archäologischen Zeugnisse, die eine gewisse Kontinuität verbürgen, finden sich am Zusammenfluß von Kocaçay und Kadıköydere. Hier befindet sich eine römische Brücke, und die hiesigen Stadtmauerreste haben, ausgehend von einer Polygonalmauer über sauber gesetzte Quadern bis hin zu einer byzantinischen Befestigung, mehrere Bauphasen erkennen lassen. Zwei Sarkophage stehen noch heute im Bereich der Oberburg, und letztlich deuten die unbefestigten Siedlungsreste und die Limitation, die anhand von Luftbildern noch verifiziert werden müßte, auf einen bedeutenderen Ort hin. Die Siedlungsevidenz unmittelbar im Bergbaubereich ist kein Beweis für die Lokalisierung von Pericharaxis. Es ist nicht ungewöhnlich, ja sogar der Normalfall, daß Bergwerke eigene Grubengebäude und wahrscheinlich auch Werksiedlungen hatten. Möglicherweise markiert die schon von Wiegand (s. Anm. 18) genannte römische Brücke den Weg von Pergamon nach Kyzikos. Dies wäre ein zusätzlicher Hinweis, daß Pericharaxis am Asarkale Tepe (TG 18W) lag.

Noch schwieriger gestaltet sich die Frage nach der Identifizierung von Astyra und Kremaste. Der Goldbergbaudistrikt umfaßt offensichtlich sowohl den Ringwall von Kaletaş mit seinen jüngeren Bergbauspuren im Bereich der Calvertschen Baue als auch die sicher in vorantike Zeit zurückführende Grube beim Kartalkaya mit den Siedlungsspuren, die Calvert für das antike Kremaste hielt. Die von uns gefundene gepflasterte Straße gleicht der von French (s. Anm. 33) gefundenen römischen Bauweise. Die mit

hochkantgestellten Steinen markierte Mittellinie war mehrfach zu beobachten, doch war nirgends eine Straßenbreite von mehr als 3,5 m vorhanden. Im untersten Straßenabschnitt verloren wir den Verlauf durch großzügig angelegte neue Straßen mit Erdanschüttung, doch besteht kaum ein Zweifel, daß der Çiftlikdere hier einstmals überbrückt war und unsere Trasse in die Straße von Çanakkale nach Çan mündete. Diese Trasse führt knapp nördlich am Gâvur Hissar vorbei, auf dem Lolling⁴⁰ Kremaste suchte. Judeich (s. Anm. 30, S. 534), der die Verbindungsroute aus dem Süden (Antandros-Abydos) weiter westlich suchte, kannte den von uns beschriebenen Weg offensichtlich nicht. Mit der Leafischen (s. Anm. 25, S. 135) Überlegung stimmt wohl überein, daß der Überraschungsangriff des Iphikrates, dem 389 v. Chr. Anaxibios zum Opfer fiel, »mit der Entfernung vom Meer übereinstimmt, die der nächtliche Hinterhalt von Iphikrates« erforderte. Dies wird auch durch die Gelände-Beobachtungen von Cook (s. Anm. 17, S. 290) bestätigt.

Diese vorläufigen Überlegungen zu einem althistorischen und geographischen Problem werden sich erst bei intensiverer Bearbeitung ausbauen lassen, wenn überhaupt mit einer Lösung zu rechnen ist. Letztlich lässt sich nur eine Forderung von Wiegand (s. Anm. 18) wiederholen: »Es wäre sehr wünschenswert, daß die prähistorische Forschung diesen Steinringen im Gebiete der späteren griechischen Kulturländer einmal systematisch nachginge. Man würde sie wohl die ganze Westküste Kleinasiens entlang finden können. ...« Zwei Steinringe im südlichen Hinterland von Edremit, einer südwestlich von Bursa (von ihm mitgeteilt, s. Anm. 18), der von Balya und nicht zuletzt der Kaletaş von Astyra/Kremaste/Abydos zeugen, daß man neben den geschichts- und schichtträchtigen Tells auch mit aus Europa durchaus vertrauten Siedlungen rechnen darf, deren Zusammenhang mit den alten Bergauspuren unverkennbar ist. Ob diese Bauweise auch noch in klassischer und fruhhellenistischer Zeit geübt wurde, wie etwa Cook anscheinend meint (s. Anm. 17, S. 259 ff.), bleibt abzuwarten.

Einige in der Literatur erwähnte alte Bergwerke wurden nicht gefunden oder nicht aufgesucht: Die von Calvert betriebene Grube südlich von Lapseki (Lampsakus) (s. Anm. 17, S. 36), die vielleicht in der Nähe der Schlackenhalde von Camyurt (TG 136) liegt; das dem Namen nach vielversprechende Carşılık Maden (s. Anm. 17, Karte A, S. 190), 5 km südlich der antiken Stadt Chrysa, deren Name Goldreichum nahelegt: ein auf einer Karte aus dem 18. Jahrhundert eingezeichnetes Silberbergwerk in der Nähe von Ine (= Ezine?)⁴¹.

C.E., E.P.

4. Analysemethoden und Ergebnisse

a) Chemische Analysen

Da Durchschnittsanalysen an Handstücken von Erzen stark variieren können, wurden vorwiegend an Blei- und Kupfererzen angereicherte Mineralseparate analysiert. Ausnahmen bildeten die Proben, bei denen nur Gold oder Zinn bestimmt wurden. In diesen Fällen wurden 10-20 g der Probe gepulvert (< 50 µm) und homogenisiert. Die Analyse wurde jeweils an einem Aliquot von 100-500 mg vorgenommen. Elementkonzentrationen in Erzen wurden mittels instrumenteller Neutronenaktivierungsanalyse durch Vergleich mit pipettierten Standards bestimmt. Nur Wismut wurde nach Auflösen eines Aliquots in Königswasser, anschließender Verdünnung und Abtrennung von der Matrix als Hydrid mit einem Atomabsorptionsspektrometer gemessen⁴².

⁴⁰ H. G. Lolling, Mitteilungen aus Kleinasien, 1. Die Lage von Kremaste. Athen. Mitt., 1881, 221-232, S. 211ff.

⁴¹ J. B. Lechevalier, Beschreibung der Ebene von Troja (Leipzig 1792) 43.

⁴² Die bisher vorliegenden Analysen an Erzen sind bereits an anderer Stelle veröffentlicht. G. A. Wagner, E. Pernicka,

T. C. Seeliger, Ö. Öztunalı, I. Baranyi, F. Begemann und S. Schmitt-Strecker, Geologische Untersuchungen zur frühen Metallurgie in NW-Anatolien. Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey 100-101, 1985 (im Druck).

Die Schlacken wurden mittels Röntgenfluoreszenzanalyse charakterisiert, wobei etwa 1 g Aliquots der Probe nach der Methode von Norrish und Hutton⁴³ in Lithiumboratglas als Matrix eingeschmolzen wurden. Einige Elemente, wie Na, Mn, As und Sb, wurden mittels Neutronenaktivierungsanalyse bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die Summe der Bestandteile erreicht oft nicht 100%. Der Rest dürfte im wesentlichen aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Schwefel bestehen.

Die Analyse von Metallartefakten erfolgte mit Neutronenaktivierung und Atomabsorptionsspektrometrie⁴⁴ (Tab. 3).

E.P.

b) Datierung

Die Datierung von typologisch nicht klassifizierbarer Keramik erfolgte mittels Thermolumineszenz (im Text mit TL abgekürzt)⁴⁵. Bei der Probenentnahme im Gelände wurde die Dosisleistung des umgebenden Bodens mit einem tragbaren Gamma-Szintillationszähler gemessen (s. Taf. 92,7). Vor der Aufbereitung für die TL-Datierung wurde die Porosität der Scherben bestimmt (künstliche Wassersättigung). Die Aufbereitung in Feinkorn- und Quarzeinschlußfraktionen (120-200 µm) wurde routinemäßig durchgeführt (s. Anm. 45). Als Kriterien für geeignete TL-Eigenschaften der Feinkornfraktionen wurden anomales Ausheilen (<5% nach zweimonatiger Lagerung), lineares TL-Wachstum und der Plateautest herangezogen. Die TL-Messungen wurden unter sauerstofffreiem Stickstoff bei Ausheizgeschwindigkeiten von 10 oder 20°C/Sekunde durchgeführt. Zur Bestimmung der Dosisleistung in Scherben wurden die Proben auf Kalium, Thorium und Uran analysiert, wobei die Neutronenaktivierungsanalyse, das Spaltpurenverfahren bzw. die Atomabsorptionsspektrometrie eingesetzt wurden⁴⁶.

Holzkohleproben wurden am Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg nach einem Routineverfahren aufbereitet und die ¹⁴C-Aktivität gemessen⁴⁷. Die ¹⁴C-Alter sind mit Hilfe der neuesten, auf dendrochronologischer Basis erstellten Kalibrationskurven korrigiert⁴⁸.

E.P., G.A.W.

c) Isotopenanalysen des Bleis

Alle Proben (0,2 - 10 mg) wurden zunächst einige Minuten mit HNO₃ (0,1 N) gewaschen, um eventuelle Oberflächenkontamination zu entfernen, sodann in 0,5 ml HNO₃ (10 N) gelöst und zweimal mit 0,25 ml HCl (6 N) zur Trockne eingedampft. Der Rückstand wurde in 1 ml HBr (1 N) gelöst, auf eine Ionenaustauschersäule (DOWEX AG 1 × 8, 100-200 mesh, in Teflonsäulen mit Quarz- oder Teflonfritten)

⁴³ K. Norrish and J. T. Hutton, An accurate X-ray spectrographic method for the analysis of a wide range of geological samples. *Geochim. Cosmochim. Acta* 33, 431-453 (1968).

⁴⁴ E. Pernicka, Instrumentelle Multi-Elementanalyse archäologischer Kupfer- und Bronzeartefakte: Ein Methodenvergleich. *Jahrb. RGZM* 31, 1984, 517-531.

⁴⁵ Leicht verständliche Einführungen in die Methode geben: G.A. Wagner (Thermolumineszenzdatierung von Keramik. *Arch. Korrb.* 5, 1977, 247-251) und M.J. Aitken (Thermoluminescence and the archaeologist. *Antiquity* 51, 1977, 11-19). – Umfassendere Information liefern G.A. Wagner, M. J. Aitken u. V. Mejdahl, *Handbook for Archaeologists 1. Thermoluminescence Dating* (Strasbourg 1983; erhältlich von der European Science Foundation).

⁴⁶ Für die in Heidelberg verwendeten Methoden siehe E.

Pernicka u. G. A. Wagner, Radioactive equilibrium and dose-rate determination in TL dating. *PACT* 6, 1982, 132-144.

⁴⁷ H. Schoch u. K. O. Münnich, Routine performance of a new multi-counter system for high precision ¹⁴C-dating. In: *Methods of Low Level Counting and Spectrometry. Proceedings of a Symposium April 6-10, 1981, Berlin (West)* (Hrsg. International Atomic Energy Agency, Wien 1981) 61-70.

⁴⁸ Für die Korrektur von ¹⁴C-Datierungen <2000 a wurde die Kalibrationskurve von M. Stuiver (A high precision calibration of the AD radiocarbon time scale. *Radiocarbon* 24, Heft 1, 1982, 1-26) und für ¹⁴C-Datierungen von >2000 a die von G. W. Pearson, J. R. Pilcher u. M. G. L. Baillie (High-precision ¹⁴C measurement of Irish oaks to show the natural ¹⁴C variation from 200 BC to 4000 BC. *Radiocarbon* 25, Heft 2, 1983, 179-186) herangezogen.

Element	Cu	Sn	Pb	As	Sb	Co	Ni	Ag	Au	Bi	Fe	Zn	Se	Ir
Konzentr.	%	mg/g	mg/g	mg/g	mg/g	µg/g	mg/g	µg/g	µg/g	mg/g	mg/g	µg/g	µg/g	µg/g
HDM 52	94	84	1,50	6,1	0,57	14	0,45	730	26,7	0,095	<1,0	<40	60	<0,013
HDM 54	97	2,3	0,206	9,7	3,40	990	0,60	250	480	<0,03	23	2900	<5	<0,023
HDM 58	90	94	5,0	2,00	0,062	122	2,50	13	3,0	0,036	1,5	<30	5	<0,015
HDM 61	83	85	1,90	1,70	0,071	32	1,70	16	4,1	<0,06	5,5	287	25	<0,010
HDM 63	97	2,8	5,0	10,2	2,20	89	0,66	640	16,3	0,65	6,0	68	33	<0,036
HDM 65	93	65	0,116	6,0	0,117	289	3,50	55	4,7	0,094	3,4	106	77	<0,030
HDM 67	99	<0,04	0,111	44	0,117	4,1	0,149	90	7,1	<0,05	<0,04	58	6	<0,006
HDM 69	90	93	3,00	2,10	0,052	115	2,40	11	2,5	<0,055	2,2	<17	10	<0,022
HDM 70	96	0,94	0,190	45	0,62	18	0,81	72	8,2	<0,025	5,3	25	155	0,015
HDM 71	88	104	0,63	1,60	0,154	410	0,67	33	21,6	0,069	2,2	<33	316	0,070
HDM 72	98	0,39	0,094	38	0,050	4,5	0,170	760	21,0	0,039	<0,5	<27	42	<0,009
HDM 73	103	0,137	0,015	0,55	0,024	30	0,46	70	24,1	<0,05	1,85	<11	340	<0,003
HDM 74	92	82	1,20	6,3	0,173	18	1,10	380	8,3	0,059	1,4	<30	11	<0,011
HDM 75	91	76	2,50	5,7	1,30	54	2,20	257	27,1	0,087	1,3	<30	96	<0,012
HDM 76	94	44	2,00	12,8	1,20	12	0,095	560	34,6	0,016	1,2	134	74	<0,013
HDM 79	97	0,51	3,20	38	1,50	9,0	0,285	850	7,7	1,40	6,7	58	25	<0,025
HDM 80	86	74	54	1,32	0,194	6,3	0,43	890	40	1,00	<0,7	<29	97	0,040
HDM 81	87	73	47	1,30	0,234	6,0	0,139	990	38,5	2,10	<0,9	<40	70	<0,020
HDM 82	89	76	4,2	2,04	0,053	82	2,40	11	2,2	<0,08	0,73	<25	9	0,025
HDM 83	93	62	4,1	4,1	0,37	20	1,34	700	40	3,05	<0,8	40	48	<0,015
HDM 84	86	71	28,8	1,28	0,250	7,1	0,158	970	44	1,80	0,55	<30	69	0,050
HDM 85	90	88	1,10	3,2	0,35	30	1,79	410	550	0,057	1,8	<45	64	<0,020
HDM 86	88	104	0,89	0,97	0,125	6,9	0,082	420	0,5	0,053	1,1	<30	<4	0,018
HDM 87	87	95	0,0	0,74	0,071	26	8,0	51	23,7	0,01	2,9	<30	300	<0,013
HDM 88	97	0,93	0,051	36	0,43	12	0,67	219	9,1	<0,06	2,6	<45	158	<0,015
HDM 89	94	0,93	0,178	43	0,65	20	0,92	71	8,3	<0,015	5,9	<35	155	0,016
HDM 90	94	95	1,71	2,33	0,064	115	2,40	11	2,5	<0,015	2,2	<35	10	0,023
HDM 91	92	72	0,66	5,6	0,37	31	2,08	180	13,4	0,056	1,3	<30	71	<0,011
HDM 92	98	3,3	2,00	16,0	2,28	107	0,69	610	15,6	0,29	10	<60	35	<0,021
HDM 93	97	<0,29	0,072	33	0,82	9,8	0,50	135	16,4	<0,04	8,1	<50	31	<0,018
HDM 95	97	0,067	0,078	43	0,18	4,1	0,107	340	6,6	<0,05	<0,6	86	9	<0,011
HDM 96	94	<0,1	0,0	62	0,146	5	0,221	2900	14,3	<0,03	<1,0	<60	7	<0,020
HDM 97	98	<0,035	0,221	39	0,066	11,2	0,067	133	6,8	<0,02	<0,3	85	21	<0,006
HDM 98	100	<0,05	0,077	28,6	0,092	4,3	0,37	550	9,9	<0,04	<0,5	43	8	<0,009
HDM 99	98	<0,05	0,73	34	0,080	4,6	0,47	630	7,4	0,028	<0,5	<30	28	<0,010
HDM 100	98	44	1,75	1,92	1,41	47	2,00	590	30	0,127	<0,9	<50	18	0,037
HDM 101	102	0,16	0,037	0,36	0,080	28	0,38	54	10,5	<0,05	2,2	<20	179	<0,006
HDM 102	95	11,6	1,64	18,7	1,10	256	9,2	293	23,5	0,183	<0,8	<50	54	0,034
HDM 103	88	132	1,00	7,9	0,51	530	0,61	82	9,7	<0,050	2,0	<37	41	0,011
HDM 104	93	73	0,99	4,1	0,84	109	1,50	362	2,8	0,48	1,85	<37	21	0,009
HDM 251	89	102	0,205	0,74	0,176	95	0,40	92	1,2	<0,04	0,4	25	40	0,018
HDM 252	101	<0,08	3,7	0,209	3,5	30	0,200	1100	30	0,08	<1,0	<50	14	<0,018
HDM 253	98	<0,13	0,009	5,7	12,4	<3	0,247	2,6	0,8	0,0	<1,5	<80	6	<0,030
HDM 254	97	<0,10	0,34	13,3	7,3	33	0,300	430	<0,4	<0,03	<1,1	93	4	<0,025
HDM 255	96	<0,12	0,38	13,2	6,8	<3	0,230	3800	<0,3	0,067	<1,4	<75	<7	<0,030
HDM 256	90	82	1,40	8,2	0,186	620	1,91	155	6,3	0,16	4,3	<30	31	0,012
HDM 257	89	60	7,3	5,4	0,112	40	2,01	161	8,1	0,36	0,83	<20	113	0,013
HDM 258	94	0,29	0,38	24,0	0,68	1900	12,4	108	41	0,0	9,6	<70	108	<0,015
HDM 259	86	0,83	1,02	5,9	0,57	23	0,34	283	11,0	0,09	9,7	<45	13	<0,015
HDM 260	79	0,12	0,51	18,4	0,42	70	1,79	117	14,2	0,0	3,1	<40	43	0,011
HDM 261	100	0,045	0,149	4,8	0,279	440	0,131	196	6,7	0,0	5,1	<20	31	<0,008
HDM 262	80	118	4,3	4,6	0,175	132	3,2	720	4,4	0,91	1,2	<30	16	0,030
HDM 263	87	100	4,7	1,61	0,040	44	0,205	23	0,6	0,12	2,4	<21	<20	0,016
HDM 264	60	52	1,60	2,62	0,070	51	1,89	28	1,9	0,34	4,5	83	10	0,013
HDM 265	87	57	18,1	2,28	0,057	220	2,61	16	0,97	0,07	3,9	128	15	0,025
HDM 266	88	58	6,1	4,7	0,132	61	0,65	33	0,95	0,05	2,1	118	4	0,015
HDM 267	92	0,160	0,0	14,0	16,7	<7	3,8	8300	1,4	0,0	<4,0	690	<20	<0,030
HDM 268	92	55	22,0	2,64	0,066	152	2,71	19	1,1	0,11	1,2	<20	18	0,026

Tab. 3 Chemische Zusammensetzung frühbronzezeitlicher Kupfer- und Bronzeartefakte aus Nordwestanatolien, bestimmt mittels Neutronenaktivierungsanalyse (Cu, Sn, As, Sb, Co, Ni, Ag, Au, Fe, Zn, Se) und Atomabsorptionsspektrometrie (Cu, Pb, Bi). Die Elementkonzentrationen sind in Prozent (%), Promille (mg/g) und parts per million (ppm = µg/g = 0,0001 %) angegeben. Bedingt durch den Analysenfehler (im allgemeinen kleiner als 5 %) schwankt die Summe der Bestandteile um 100 %, kann also auch gelegentlich etwas darüber liegen. Proben, bei denen die Summe der Bestandteile weit weniger als 100 % beträgt (Besonders HDM 259, 260 und 264) sind korrodiert. Hier dürfte ein wesentlicher Teil der an 100 % fehlenden Menge aus Kohlenstoff (als Karbonat), Sauerstoff und Schwefel bestehen.

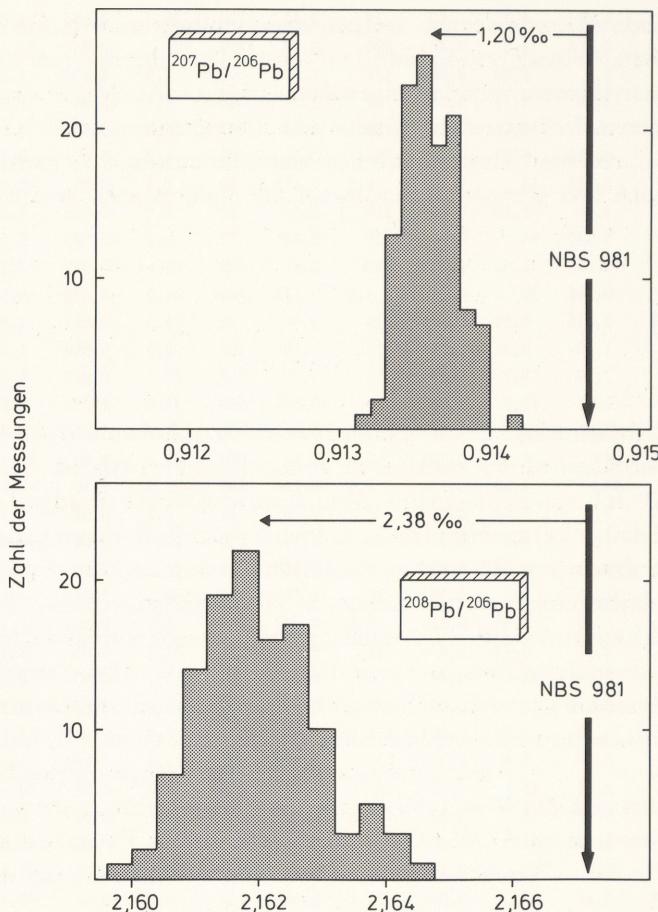


Abb. 24 Zur Absolutbestimmung der Häufigkeitsverhältnisse der Isotope des Bleies muß die bei den massenspektrometrischen Analysen unvermeidliche Massenfraktionierung korrigiert werden. Dazu wird ein Standard bekannter isotopischer Zusammensetzung verwendet (NBS 981). Das Histogramm zeigt die Verteilung von 120 unabhängigen Messungen, die über einen Zeitraum von mehr als drei Jahren durchgeführt wurden. Die Abweichungen der Mittelwerte von den Sollwerten geben den jeweiligen Korrekturfaktor. – Die Genauigkeit der in der Tabelle angegebenen (korrigierten) Isotopenverhältnisse ist fast ausschließlich durch die Breite der Histogramm-Verteilung gegeben. Da in beiden Fällen mehr als 97 % aller Messungen innerhalb von $\pm 1\%$ des Mittelwertes fallen, geben wir für alle Verhältnisse eine einheitliche 2σ -Unsicherheit von $\pm 1\%$ an, obwohl die der $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnisse vermutlich nur etwa halb so groß ist.

gebracht, mit 1,5 ml HBr (1 N) und 1 ml HCl (2 N) gewaschen und das Blei schließlich mit 2,5 ml HCl (6 N) eluiert. Einem Teil des Eluats wurde zur Bestimmung des Bleigehaltes 1 μl einer an ^{204}Pb angereicherten Lösung zugesetzt; das für die Messung der isotopischen Zusammensetzung verwendete Blei wurde aus 0,01 N salpetersaurer Lösung anodisch auf einem Platindraht abgeschieden, mit 50 μl HCl (6 N) abgelöst und mit 5 - 10 μl HNO_3 (10 N) abgeraucht. Die verwendete HBr ist MERCK-Suprapur, HCl und HNO_3 sind nachdestillierte MERCK-Suprapur Qualität, das Wasser dreifach destilliert. gearbeitet wurde ausschließlich in Teflongefäßen. Die theoretische Summe der durch die Chemikalien eingeschleppten Bleikontamination beträgt etwa 0,4 ng Pb; die gemessenen Werte lagen stets unter 1 ng, sind somit weniger als 1 Prozent des Bleis aus den Proben (s. unten).

Zur Messung der isotopischen Zusammensetzung diente ein Festkörpermassenspektrometer MAT 261 (VARIAN-FINNIGAN). Ionen wurden erzeugt mit Re-Einbandionenquellen und Silikagel-Phosphorsäure-Emitter bei einer Bandtemperatur von ca. 1240°C . Zweihundert Massenspektren wurden pro Probe registriert und die gemessenen Verhältnisse auf den Beginn der Messung extrapoliert. Zur Korrektur für die bei massenspektrometrischen Messungen unvermeidliche massenabhängige Fraktionierung

diente der NBS-Standard 981, für dessen isotopische Zusammensetzung die revidierten Werte von TODT et al.⁴⁹ verwendet wurden ($^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 2,16715$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 0,91470$). Da der zeitliche Verlauf von Signalhöhe und Isotopenverhältnissen von der eingesetzten Probenmenge abhängen, wurden alle Standard- und Probenmessungen mit einer möglichst konstanten Bleimenge von 100 ng durchgeführt. Trotzdem ließ sich eine gewisse Schwankung der extrapolierten Verhältnisse nicht vermeiden; die Genauigkeit der Messungen ist im wesentlichen gegeben durch diese Unsicherheit der Fraktionierungskorrektur (0,12 Prozent pro Masseneinheit). Aus Abb. 24 schließen wir auf einen Fehler von höchstens 0,1 Prozent; damit in Übereinstimmung ist, daß bei 17 Doppelbestimmungen verschiedenster Proben, die innerhalb von 3 Jahren gemessen wurden, die Verhältnisse mit einer einzigen Ausnahme jeweils um weniger als 0,08 Prozent voneinander abwichen (bei der Ausnahme unterschieden sich die $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnisse um 0,10 %, die $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnisse um 0,12 %).

Da im Verlauf der Diskussion auch auf Literaturdaten anderer Laboratorien zurückgegriffen werden soll, haben wir eine Reihe von Proben analysiert, für die Gale (s. Anm. 61-63) bereits die isotopische Zusammensetzung gemessen hatte. Hier ist die Übereinstimmung nicht ganz so befriedigend; immerhin stimmen aber auch hier bei insgesamt 14 Erzproben aus dem ägäischen Raum die Verhältnisse innerhalb von 0,22 % überein. Setzt man eine ähnliche Kongruenz auch mit anderen Laboratorien voraus, so scheint es gerechtfertigt – wenn auch cum grano salis – Literaturdaten zum Vergleich mit heranzuziehen, was gerade bei den Erzproben den Datensatz beträchtlich vergrößert.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 4 zusammengestellt, geordnet nach den Fundorten der Artefakte⁵⁰. Die $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnisse sind der Vollständigkeit wegen mit aufgeführt; in den folgenden graphischen Darstellungen und der Diskussion wird von ihnen nicht mehr die Rede sein, da sie keine für die hier interessierenden Probleme relevante zusätzliche Information geben.

In drei Fällen wurden zwei oder mehrere Proben desselben Objektes analysiert: HDM 58 und 90 – möglicherweise außerdem noch HDM 69 – vom »oberen Teil eines Ausgußgefäßes«, HDM 79 und 91 vom Griff einer Metallpfanne sowie HDM 263 – 266 und 268 von verschiedenen Teilen einer bauchigen Kanne⁵¹. Es handelt sich dabei nicht lediglich um Doppelbestimmungen der isotopischen Zusammensetzung ein und derselben Probe, sondern um verschiedene Proben, die unabhängig voneinander an verschiedenen Stellen der Artefakte genommen waren (s. Anm. 44). Überraschenderweise sind nur HDM 69 und 90 sowie HDM 265 und 268 isotopisch nicht unterscheidbar; ganz extrem unterschiedlich sind HDM 79 und 91 sowie die Proben der 260er Serie von der bauchigen Kanne. Wir werden hierauf später zurückkommen.

F.B., S.S.-S.

5. Vorläufige Schlußfolgerungen

a) Metallanalysen

Unter den, für die vorliegenden Metallanalysen zur Verfügung stehenden frühbronzezeitlichen Fundgruppen des nordwestlichen Anatoliens nimmt der von K. Bittel veröffentlichte »Troas«-Fund eine besondere Stellung ein (s. Anm. 51). Obgleich nicht sicher entschieden werden kann, ob die nur z.T. erhaltenen Reste von Metallgefäßen (5 schwere, getriebene ovale Pfannen mit aufgebogener Wand und langem Griff mit Rotellenende, Reste von mindestens sechs bauchigen Blechgefäßen mit massiven Ausgußröhren, ein weiterer großer Gefäßausguß, Rest einer flachen, weit offenen Schale mit angeneitetem

⁴⁹ W. Todt, R. A. Cliff, A. Hauser u. A. W. Hofmann, $^{202}\text{Pb} + ^{205}\text{Pb}$ double spike for lead isotopic analyses. *Terra Cognita* 4 (1984) 209.

⁵⁰ H. Schmidt, Heinrich Schliemann's Sammlung trojanischer Altertümer (Berlin 1902).

⁵¹ K. Bittel, Beitrag zur Kenntnis anatolischer Metallgefäße der zweiten Hälfte des dritten Jahrtausends v. Chr. *Jahrb. DAI* 74, 1959, 1-34.

HDM-Nr.	Stuttgart ^a	Gegenstand	Inv.-Nr.	Museum ^b	Literatur	Bleisotopenverhältnisse			
						208/206	207/206	204/206	Legierung ^c
Hissarlik/Troja									
54	11803	Flachbeil	99/2	IAM	unpubliziert	2.0834	.8437	.05390	Cu
73	11804	Flachbeil	105	IAM	unpubliziert	2.0669	.8313	.05303	Cu
74	11807	Meißel	617	IAM	unpubliziert	2.1325	.8836	.05653	Sn
75	11809	Flachbeil	621	IAM	unpubliziert	2.1297	.8823	.05637	Sn
76	11811	Flachbeil	630	IAM	unpubliziert	2.0791	.8395	.05366	Sn
100	11805	Flachbeil	607	IAM	unpubliziert	2.0880	.8484	.05412	Sn
101	11806	Flachbeil	612	IAM	unpubliziert	2.0673	.8308	.05298	Cu
102	11808	Flachbeil	620	IAM	unpubliziert	2.0754	.8375	.05340	Sn
103	11810	Flachbeil	622	IAM	unpubliziert	2.0572	.8284	.05284	Sn
104	11812	Lanze	695	IAM	unpubliziert	2.0898	.8477	.05404	Sn
251	9870	Ösenring	XI b 1697	SMB	unpubliziert	2.0909	.8497	.05444	Sn
252	9871	Flachbeil	XI b 1008	SMB	unpubliziert	2.1294	.8737	.05600	Cu
253	9872	Flachbeil	XI b 1009	SMB	unpubliziert	1.8010	.7334	.04664	Cu
254	9873	Flachbeil	XI b 1010	SMB	unpubliziert	2.0902	.8549	.05482	Cu
255	9874	Flachbeil	XI b 1011	SMB	unpubliziert	2.0963	.8578	.05499	Cu
256	9875	Dolchklinge	Sch 6153	SMB	Anm. 50, S. 248	2.0698	.8341	.05315	Sn
257	9876	Dolchklinge	Sch 6161	SMB	Anm. 50, S. 249	2.0670	.8351	.05325	Sn
258	9877	Messerklinge	Sch 6189	SMB	Anm. 50, S. 249	2.0784	.8378	.05346	As
259	9878	Messerklinge	Sch 6190	SMB	Anm. 50, S. 249	2.0750	.8387	.05351	Cu
260	9879	Messerklinge	Sch 6191	SMB	Anm. 50, S. 249	2.0806	.8414	.05373	Cu
261	9889	Gefäß, Ring	Sch 6147a.b.	SMB	Anm. 50, S. 247	2.0873	.8461	.05423	Cu
262	9893	Gefäß, Volute	Sch 6147a	SMB	Anm. 50, S. 247	2.0667	.8355	.05323	Sn
263	9895	Gefäß, Henkel	Sch 5975	SMB	Anm. 50, S. 237	2.1195	.8703	.05573	Sn
264	9896	Gefäß, Ausguß	Sch 5975	SMB	Anm. 50, S. 237	2.1386	.8903	.05698	Sn
265	9897	Gefäß, Volute außen	Sch 5975	SMB	Anm. 50, S. 237	2.1492	.8993	.05760	Sn
266	9898	Gefäß, Volute Mitte	Sch 5975	SMB	Anm. 50, S. 237	2.1441	.8946	.05729	Sn
267	9899	Gefäßstück	Sch 1696	SMB	Anm. 50, S. 33 f.	2.0904	.8506	.05455	Cu
268	9904	Gefäß, Volute 2 aussen, gedrückt	Sch 5975	SMB	Anm. 50, S. 237	2.1489	.8991	.05755	Sn
»Troas«									
58	3809	volutenförmiger Henkelansatz	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 8 ^d	2.1000	.8554	.05455	Sn
61	3800	Henkel einer Schale	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 19	2.0808	.8424	.05371	Sn
63	3801	volutenförmiger Henkelansatz	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 11	2.0736	.8356	.05321	Cu
65	3798	Ausguß einer Kanne	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 17	2.0765	.8422	.05369	Sn
69	3807	volutenförmiger Henkelansatz	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 8 links	2.1034	.8574	.05468	Sn
70	3806	volutenförmiger Henkelansatz	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 9 links	2.0846	.8434	.05366	As
71	3810	Pfannengriff	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 3	2.0758	.8383	.05346	Sn
79	3812	Rotelle einer Pfanne	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 4 ^d	2.0714	.8351	.05321	As
80	3795	volutenförmiger Henkelansatz	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 10	2.1521	.9019	.05773	Sn
81	3794	volutenförmiger Henkelansatz	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 6	2.1508	.9014	.05772	Sn
82	3796	Ausguß einer Kanne	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 16	2.1030	.8571	.05466	Sn
83	3797	Ausguß einer Kanne	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 15	2.0752	.8373	.05336	Sn
84	3799	Ausguß einer Kanne	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 18	2.1513	.9016	.05769	Sn
85	3793	Pfanne	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 1	2.1223	.8753	.05592	Sn
86	3802	Pfannengriff	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 5	2.1497	.8991	.05761	Sn
87	3803	Gürtel	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 20	2.0697	.8343	.05318	Sn
88	3804	Ausguß einer Kanne	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 13	2.0820	.8417	.05363	As

HDM-Nr.	Stuttgart ^a	Gegenstand	Inv.-Nr.	Museum ^b	Literatur	Bleisotopenverhältnisse			
						208/206	207/206	204/206	Legierung ^c
89	3805	volutenförmiger Henkelansatz	–	EFPS	Anm. 51 Nr. 9 rechts	2.0833	.8436	.05376	As
90	3808	volutenförmiger Henkelansatz	–	EFPS	Anm. 50 Nr. 8 rechts	2.1034	.8570	.05465	Sn
91	3811	Pfannengriff	–	EFPS	Anm. 50 Nr. 4 ^d	2.1423	.8946	.05728	Sn
92	3813	Ausguß einer Kanne	–	EFPS	Anm. 50 Nr. 14	2.0724	.8354	.05321	Cu
93	3814	Ausguß einer Kanne	–	EFPS	Anm. 50 Nr. 12	2.0843	.8410	.05356	As
»Yortan« ^e									
52	11795	Lanzenspitze oder Dolch	6475 ^f	IAM	unpubliziert	2.0659	.8317	.05302	Sn
67	11798	Dolch	6743	IAM	unpubliziert	2.0778	.8398	.05366	As
72	11802	Messer	6348	IAM	unpubliziert	2.0694	.8344	.05320	As
95	11796	Dolch	6742	IAM	unpubliziert	2.0778	.8419	.05386	As
96	11797	Messer	6744	IAM	unpubliziert	2.0731	.8342	.05307	As
97	11799	Nadel	6746	IAM	unpubliziert	2.0764	.8408	.05381	As
98	11800	Nähnadel	6747 ^g	IAM	unpubliziert	2.0769	.8371	.05338	As
99	11801	Dolch	6349	IAM	unpubliziert	2.0752	.8366	.05331	As

Tab. 4 (S. 578 u. 579) Katalog der analysierten frühbronzezeitlichen Kupfer- und Bronzeobjekte. – a) Die Zahlen sind die Analysenummern im Württembergischen Landesmuseum, Stuttgart. Der größte Teil der Analysen von anatolischen Proben wurde von U. Esin (s. Anm. 4) veröffentlicht. – b) IAM = İstanbul Arkeoloji Müzesi; SMB = Museum für Vor- und Frühgeschichte, Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz, Berlin; EFPS = Edebiyat Fakültesi, Preh. Sem. (Universität Istanbul). – c) Sn= Zinnbronze (> 1% Sn), As = Arsenbronze (> 2 % As), Cu = Reinkupfer. – d) Troas 58: Tragbügel; Troas 79: Rotelle; Troas 91: Griff. – e) Diese Objekte sind im archäologischen Museum Istanbul als Funde aus der Region Balıkesir registriert. U. Esin (s. Anm. 4) und P. de Jesus (s. Anm. 5) haben sie der Yortan-Kultur zugeordnet, obwohl dies zweifelhaft sein dürfte, siehe T. Kâmil: Yortan Cemetery in the Early Bronze Age of Western Anatolia. BAR Intern. Series 145, 1982, S. 21, Anm. 54. – f) Bei de Jesus (s. Anm. 5) wird die Inventarnummer fälschlich mit 5825 angegeben. – g) Bei Esin (s. Anm. 4) und de Jesus (s. Anm. 5) wird die Inventarnummer fälschlich mit 6746 angegeben.

Griff, tiefe, getriebene Schale mit flachem Standring) und ein Blechgürtelstück mit Verschlußhaken aus einem Hort- oder, wahrscheinlicher, aus einem Grabfund stammen, lassen sie sich formenkundlich einerseits mit entsprechenden Metallgefäßen aus Troja II und andererseits mit verwandten Funden aus Mittelanatolien (Alaçahöyük, Kayaçınar) verbinden. Die dort ausgegrabenen z.T. »fürstlichen« Bestattungen mit kostbarem Inventar verbinden die Oberschicht der anatolischen Frühbronzezeit mit den damaligen Hochkulturzentren des Vorderen Orients. Jene weitgespannten Kulturverbindungen lassen sich u.a. anhand der Formähnlichkeit von z.B. herausgehobenem Metallgeschirr rekonstruieren.

Zu den weitläufig verbreiteten Gerätegruppen gehört auch das zweite analysierte Fundensemble aus Troja. Die für unsere Untersuchung herangezogenen frühbronzezeitlichen Flachbeile, das Beil mit ange deuteten Randleisten, die Dolch- und Messerformen, sowie der fragmentierte Ösenhalsring sind durchaus in der Periode Troja II unterzubringen. Einstweilen lässt sich jedoch noch nicht deutlich erkennen, in welcher Beziehung diese Gegenstände zu spätchalkolithischen Funden einerseits und Geräteformen des frühen 2. Jahrtausends v. Chr. andererseits stehen. Solange sich unsere typologische Kenntnis nicht weiter verfeinert, ist deren Vorkommenszeit noch weit bemessen und ihre chronologische Aussagefähigkeit eingeschränkt. Bei der engen formalen Verwandtschaft von bestimmten trojanischen Metall- und Tongefäß, kommt Bittels Hinweis, daß vertikale Volutenhenkel an der Außenwand von dortigen Tongefäß, bis in die Phase Troja V (um 1800 v. Chr.) geläufig sind und damit als Datierungshilfen für Metallgefäß mit solchen Henkeln ausfallen, besondere Bedeutung zu.

Auch die kleine Kollektion von »Yortan«-Funden (Dolche, Lanzenspitze, Nadeln) ist derzeit weder

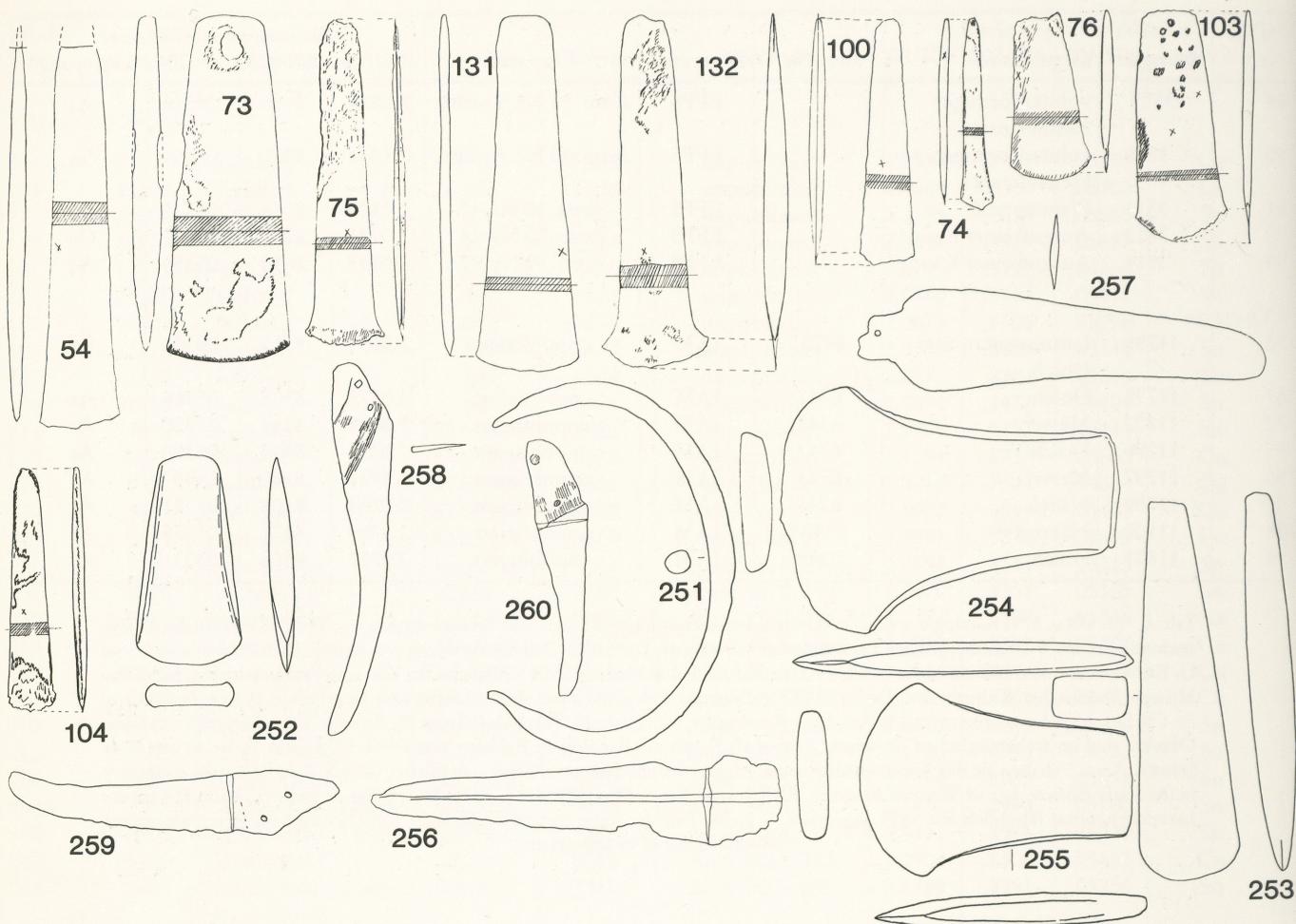


Abb. 25 Metallobjekte aus Troja (vgl. Tab. 4). Die Kreuze bezeichnen die Probeentnahmestellen.

räumlich noch zeitlich klarer einzuordnen, wenngleich sie in der mittleren/jüngeren anatolischen Frühbronzezeit gut Platz findet⁵².

Bittels Vermutung, daß die Metallgefäße des »Troas«-Fundes »ursprünglich in der Troas oder doch im nordwestlichen Kleinasien zu Hause gewesen, von hier aus zum Teil exportiert und vielleicht auch anderen Ortes imitiert worden« seien, »liegt daher nahe«. Auch K. Branigan⁵³ nimmt für die Nordostägäis eine autochthone metallurgische Entwicklung an. Dies scheint durch die geographische Verteilung von Erzlagerstätten in Anatolien unterstützt zu werden: Eine große Zahl von Kupfer-, Blei- und Goldvorkommen sind auf der Bigahalbinsel und entlang der anatolischen Westküste bekannt. Es fehlt bisher aber jeglicher Hinweis darauf, welche Erzvorkommen bereits in der Bronzezeit ausgebaut worden sind oder gar darauf, welche Rolle bestimmte Vorkommen gespielt haben mögen.

Um dieser Frage nachzugehen, bietet sich ein Vergleich der geochemischen Charakteristika von Artefakten und Erzen an. Versuche dazu, die Herkunft von Kupfer und Kupferlegierungen mittels chemischer Analyse zu bestimmen, reichen weit in die Forschungsgeschichte zurück (s. Anm. 6). Entgegen anfäng-

⁵² Vgl. z.B. R. Maxwell-Hyslop, Daggers and swords in Western Asia. A study from prehistoric times to 600 b. C. *Iraq* 8, 1946, 1 ff. – D. B. Stronach, The development and

diffusion of metal types in Early Bronze Age Anatolia. *Anatolian Stud.* 7, 1957, 89 ff.

⁵³ K. Branigan, Aegean Metalwork of the Early and Middle Bronze Ages (Oxford 1974).

lichen (vielleicht zu hohen) Erwartungen, werden die Erfolgschancen von rein chemischen Untersuchungen heute eher skeptisch beurteilt. Die Gründe liegen darin, daß ohne Kenntnis der Art der Metallgewinnung nur schwer das Verhalten von charakteristischen Spurelementen beurteilt werden kann und daß außerdem die Mineralzusammensetzung sowie der Spurelementgehalt innerhalb einer Lagerstätte sehr stark schwanken können.

Ein geochemisches Charakteristikum, das diese beiden Nachteile nicht aufweist, ist die isotopische Zusammensetzung von Blei. Seit der Bildung der Erde vor etwa 4,6 Milliarden Jahren hat sich die relative Häufigkeit der vier stabilen Blei-Isotope laufend verändert, da sich Uran und Thorium durch radioaktiven Zerfall kontinuierlich in Blei umwandeln. Je nach Verhältnis Uran/Blei und Thorium/Blei ändern sich die Häufigkeiten der Isotope der Massen 206, 207 und 208 verschieden schnell. Im Augenblick aber, zu dem sich eine Bleilagerstätte bildet – und damit eine Ausbeutung überhaupt erst in Frage kommt – findet eine fast vollständige chemische Trennung des Bleis von U und Th statt. Zu diesem Zeitpunkt wird die isotopische Zusammensetzung »eingefroren«, sie ändert sich nicht mehr. Welchen chemischen oder physikalischen Prozessen das Bleierz oder das daraus gewonnene Metall auch unterworfen werden mag, die isotopische Zusammensetzung ändert sich dabei nicht in messbarer Weise. Remobilisierung des Erzes, Verwitterung, pyrometallurgische Prozesse oder Korrosion des Endproduktes – die Häufigkeitsverhältnisse der Isotope des Bleis bleiben praktisch konstant. Wenn also die Bildung verschiedener Lagerstätten zu verschiedenen Zeiten oder aus Reservoirs verschiedener Zusammensetzung erfolgte und damit die isotopische Zusammensetzung des Bleis verschieden ist, so bleibt das ein permanentes Merkmal dieser Lagerstätte und allen aus ihr gewonnenen Bleis.

Erste Versuche, Blei oder Blei-Artefakte bestimmten Bergbauregionen oder Lagerstätten zuzuordnen, stammen von Brill und Wampler⁵⁴ sowie Grögler et al.⁵⁵; von den späteren Arbeiten seien hier nur die von Brill und Shields⁵⁶, Brill et al.^{57,58}, Barnes et al.⁵⁹, Keisch und Callahan⁶⁰, Gentner et al. (vgl. Anm. 12), Gale⁶¹, Gale und Stos-Gale^{62,63} und Pernicka et al.⁶⁴ erwähnt.

Dabei ist die Methode nicht auf reines Blei beschränkt; Bronze und Silber, Gläser und Keramiken, Farben und Tinten können in gleicher Weise analysiert werden, wobei dann allerdings zu bedenken ist, daß bei einem Zusatz von Blei höchstens dessen Herkunft bestimmt werden kann, nicht aber etwa die des Kupfers oder Silbers.

Es liegt in der Natur der Sache, daß eine Isotopenanalyse des Bleis nicht äquivalent ist dem Ursprungzeugnis eines Artefaktes. Prinzipiell kann höchstens eine Aussage über die verwendeten Materialien gemacht werden, nicht aber darüber, ob und wohin Erz und Metall eines bestimmten Vorkommens gehandelt und wo sie verarbeitet worden sind. Zudem lassen sich, streng genommen, mit Sicherheit nur

⁵⁴ R. H. Brill and J. M. Wampler, Isotope studies of ancient lead. *Am Journal Arch.* 71, 1967, 63-67.

⁵⁵ N. Grögler, J. Geiss, M. Grünenfelder und F. G. Houtermans, Isotopenuntersuchungen zur Bestimmung der Herkunft römischer Bleirohre und Bleibarren. *Zeitschrift für Naturforschung* 21a, 1966, 1167-72.

⁵⁶ R. H. Brill and W. R. Shields, Lead isotopes in ancient coins. *Methods of Chemical and Metallurgical Investigation of Ancient Coinage* (ed. E. T. Hall and D. M. Metcalf). Royal Numism. Soc., Spec. Public. No. 8 (1972) 297-304.

⁵⁷ R. H. Brill, W. R. Shields and J. M. Wampler, New directions in isotope research. *Appl. of Science in Examination of Works of Art* (ed. W. J. Young). Museum of Fine Arts (Boston 1973).

⁵⁸ R. H. Brill, K. Yamasaki, I. L. Barnes, K. J. R. Rosman and M. Diaz, Lead isotopes in some Japanese and Chinese glasses. *Ars Orientalis* Vol. XI (1979) 87-109.

⁵⁹ I. L. Barnes, W. R. Shields, T. J. Murphy and R. H. Brill, Isotopic analysis of Laurion lead ores. In: *Archaeological Chemistry. Proceedings of a Symposium sponsored by the Division of the History of Chemistry at the 165th*

Meeting of the American Chemical Society, Dallas, Texas, April 9-10, 1973 (Hrsg. C. W. Beck) (Washington D. C., 1974) 1-10.

⁶⁰ B. Keisch and R. C. Callahan, Lead isotope ratios in artist's lead white: A progress report. *Archaeometry* 18, 1976, 181-93.

⁶¹ N. H. Gale, Lead isotopes and Aegean metallurgy. *Thera and the Aegean World* I (1978) 529-545. – Some aspects of lead and silver mining in the Aegean. *Miscellanea Graeca*, Fasc. 2 (1979).

⁶² N. H. Gale u. Z. A. Stos-Gale, Bronze age copper sources in the Mediterranean: A new approach. *Science* 216, 1982, 11-19.

⁶³ N. H. Gale u. Z. A. Stos-Gale, Cycladic lead and silver metallurgy. *Annals Brit. School Athens* 76, 1981, 169-224.

⁶⁴ E. Pernicka, G. A. Wagner, K. Assimenos, C. Doumas, F. Begemann u. W. Todt, An analytical study of prehistoric lead and silver objects from the Aegean. In: *The Proceedings of the 22nd Symposium on Archaeometry*, March 30 - April 3, 1982, Bradford, U. K. (Hrsg. A. Aspinall und S. E. Warren) (Bradford 1983) 292-302.

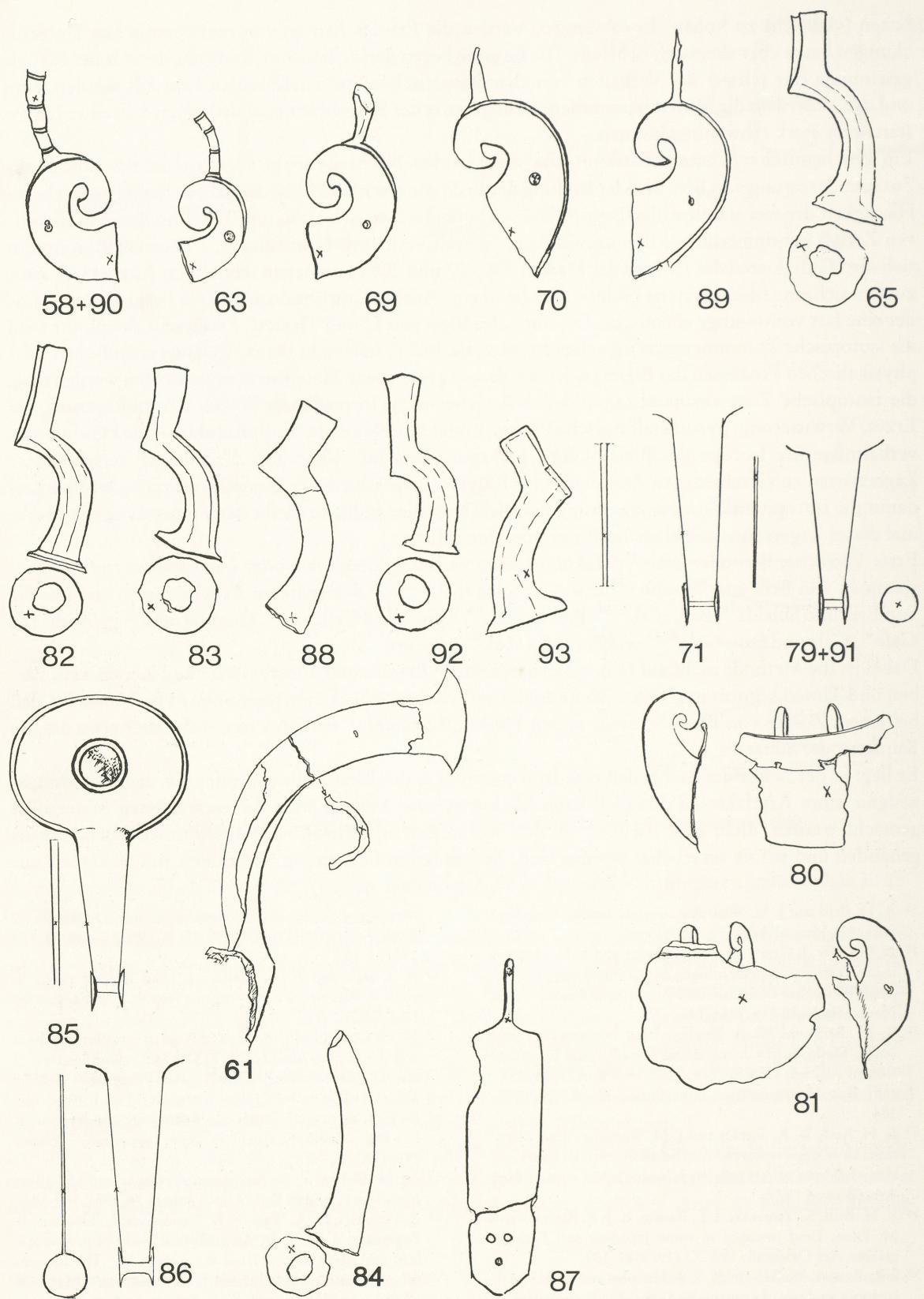


Abb. 26 Metallobjekte aus der »Troas« (vgl. Tab. 4). Die Kreuze bezeichnen die Probeentnahmestellen.

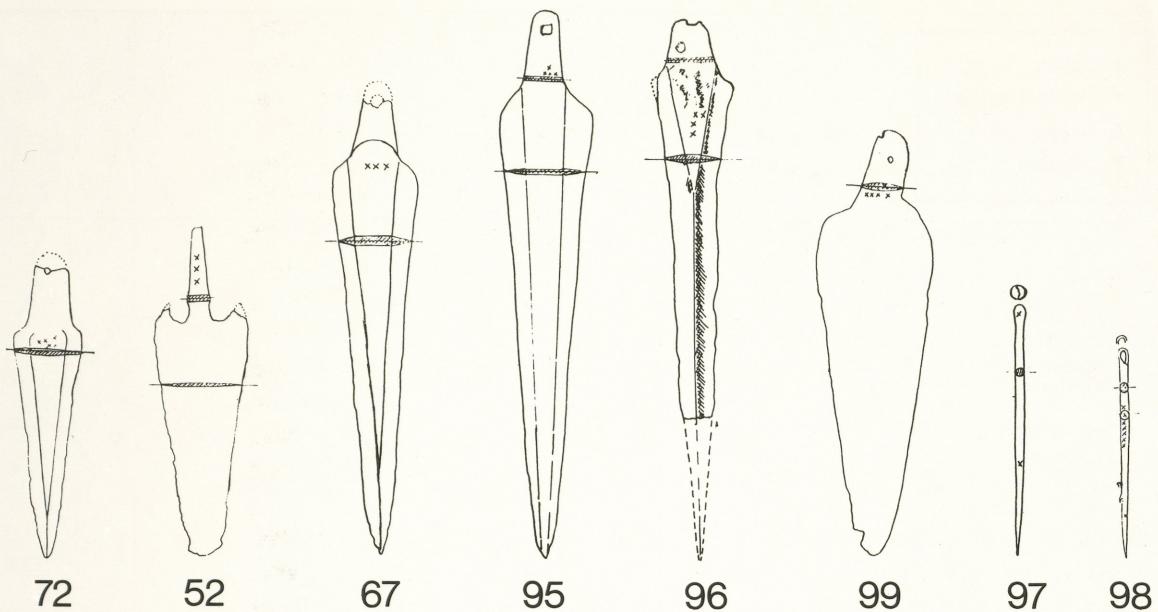


Abb. 27 Metallobjekte aus dem Raum Balikesir (vgl. Tab. 4). Die Kreuze bezeichnen die Probeentnahmestellen.

ausschließende Aussagen machen; die Isotopenverhältnisse zeigen eindeutig, welches Ausgangsmaterial für ein Artefakt *nicht* in Frage kommt. Eine positive Zuordnung zu einer bestimmten Lagerstätte ist dagegen im allgemeinen nicht eindeutig möglich, da die Bedingungen und Zeitpunkte der Orogenese offenbar in vielen Fällen zu ähnlich waren, als daß sich alle Lagerstätten signifikant in ihrer Blei-Isotopie voneinander unterschieden. Das gilt sowohl für verschiedene lokale Erzvorkommen innerhalb einer Region als auch u.U. für verschiedene Regionen.

Allerdings dürfte in vielen Fällen schon eine Gruppierung von Funden von Interesse sein, auch wenn zunächst keine eindeutige positive Zuordnung möglich ist. Wir glauben daher – und hoffen, im folgenden zeigen zu können –, daß Messungen dieser Art einen wertvollen Beitrag zur Herkunftsbestimmung von Metallartefakten liefern können, vor allem dann, wenn Isotopenanalysen und Spurenelementgehalt kombiniert werden. Wir haben deshalb sowohl chemische als auch isotopische Analysen an frühbronzezeitlichen Bronze- und Kupferartefakten aus Nordwestanatolien (Abb. 25-27) mit einer doppelten Zielsetzung durchgeführt. Einerseits sollte versucht werden, indirekt Informationen über die frühe Metallurgie in dieser Region zu erhalten. Sodann sollten erstmals die Möglichkeiten und Grenzen dieser Kombinationsmethode zur Herkunftsbestimmung von Bronze- und Kupferartefakten aufgezeigt werden. Dabei war es notwendig, zusätzlich zu den Artefakten auch die Erzvorkommen Nordwestanatoliens chemisch und isotopisch zu charakterisieren. Die bisher vorliegenden Ergebnisse sind bereits veröffentlicht (s. Anm. 42). Die gemessenen Blei-Isotopenverhältnisse sind in Abb. 28 in einem Drei-Isotopendiagramm dargestellt, zusammen mit denen von zahlreichen Erz- und Schlackenproben aus der Ägäis einschließlich der umliegenden Festlandküsten (Laurion, Chalkidiki, Makedonien) (s. Anm. 57, 59, 61, 62, 63, 66; für die geographische Herkunft der Proben s. Abb. 29). Die Datenpunkte der meisten Erze aus dem ägäischen Raum fallen in ein relativ kleines Feld, das von der gestrichelten Linie markiert wird. Das-selbe gilt für Erze aus Zypern (s. Anm. 62), deren Variationsbereich (punktierter Linie) zum Teil mit dem ägäischen überlappt. Diese beiden Erzfelder werden im folgenden für die Herkunftsdiskussion verwendet. Daneben gibt es einige wenige Erzvorkommen im ägäischen Raum, deren Bleiisotopenverhältnisse sich deutlich vom »Ägäisfeld« unterscheiden. In Abb. 28 sind das je eine Probe von Lesbos (TG 51) und Siphnos (TG 92); fünf weitere – noch extremere – Proben sind in Abb. 31 eingetragen. Sie werden vorläufig – bis eventuell weitere ägäische Erzvorkommen mit ähnlichen Bleiisotopenverhältnissen gefunden werden – als »Ausreißer« angesehen.

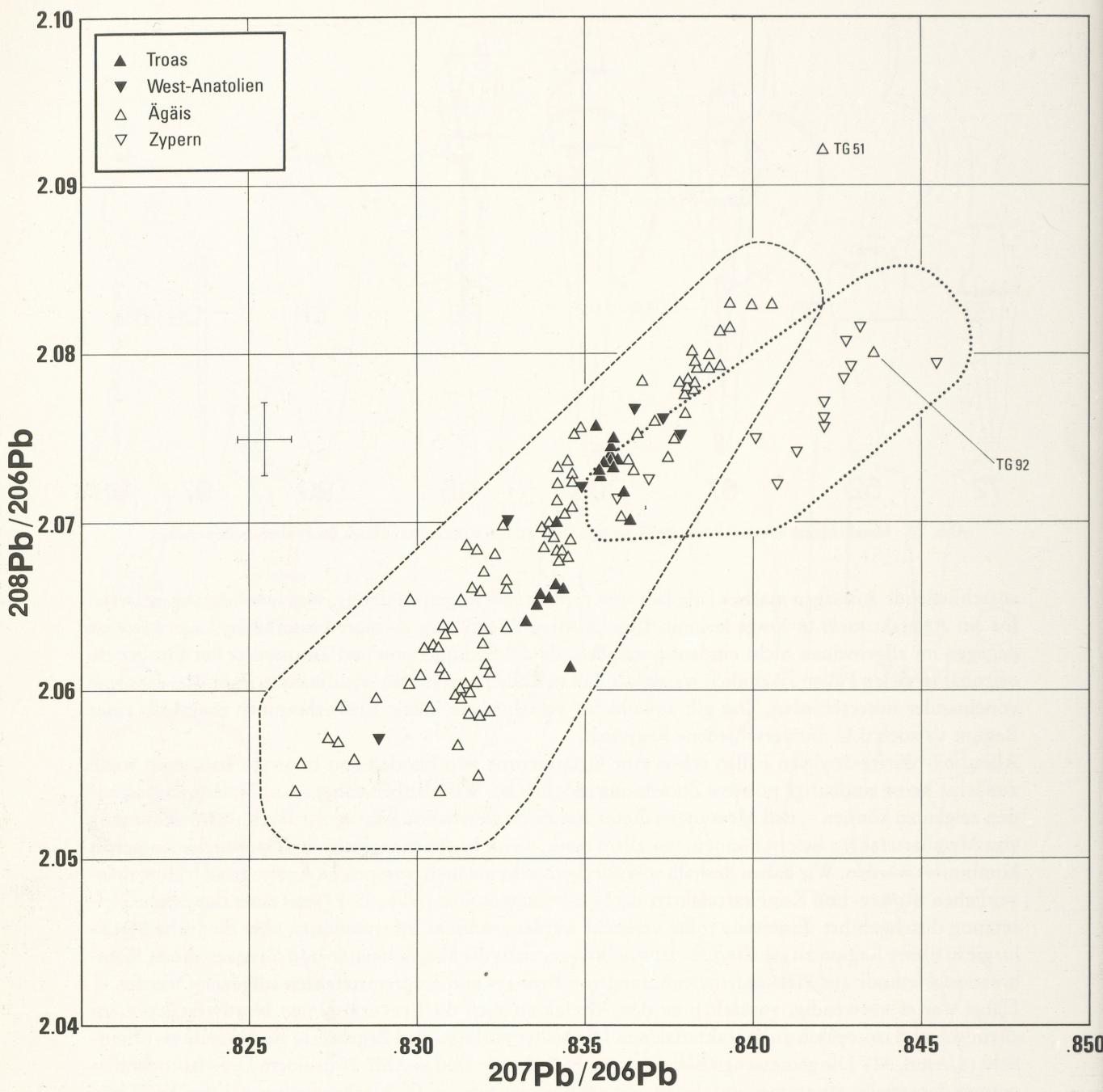


Abb. 28 Bleiisotopenverhältnisse von Erzen aus dem ägäischen Raum und von Zypern. Das Kreuz in dieser und den folgenden Abbildungen bezeichnet einen Meßfehlerbereich von $\pm 1\%$.

Wenn die Entstehung und Entwicklung der Metallurgie in einer Region an das lokale Vorkommen von Erzen gekoppelt ist, so steht zu erwarten, daß Artefakte aus dieser Region die Eigenschaften eben dieser lokalen Erzvorkommen widerspiegeln; in ihrer isotopischen Zusammensetzung sollte das Blei der Artefakte und das der lokalen Erze gleich sein. In der Tat ergibt sich aus der Untersuchung von Gale und Stos-Gale (s. Anm. 62), daß für neun frühbronzezeitliche Kupferartefakte von den Kykladen aufgrund der Isotopenverhältnisse des Bleis in keinem einzigen Fall eine Erzquelle außerhalb der Ägäis gesucht wer-



Abb. 29 Geographische Verteilung bisher untersuchter Erzproben aus dem ägäischen Raum. Die Ziffern in den Kreisen beziehen sich auf die jeweilige Anzahl der analysierten Proben.

den muß (s. Abb. 30). In diesem Zusammenhang ist vielleicht interessant, daß die Autoren vier Proben von Amorgos einem Feld A in dem Isotopendiagramm zuschreiben, für das keine geographische Zuordnung angegeben werden konnte, das jedoch deckungsgleich ist mit dem rechten oberen Bereich unserer westanatolischen Erze. Weiterhin fällt auf, daß drei andere Proben von Amorgos, die von den Gales der Lagerstätte von Laurion in Attika zugeordnet werden, isotopisch am besten mit Erzvorkommen in der Troas übereinstimmen.

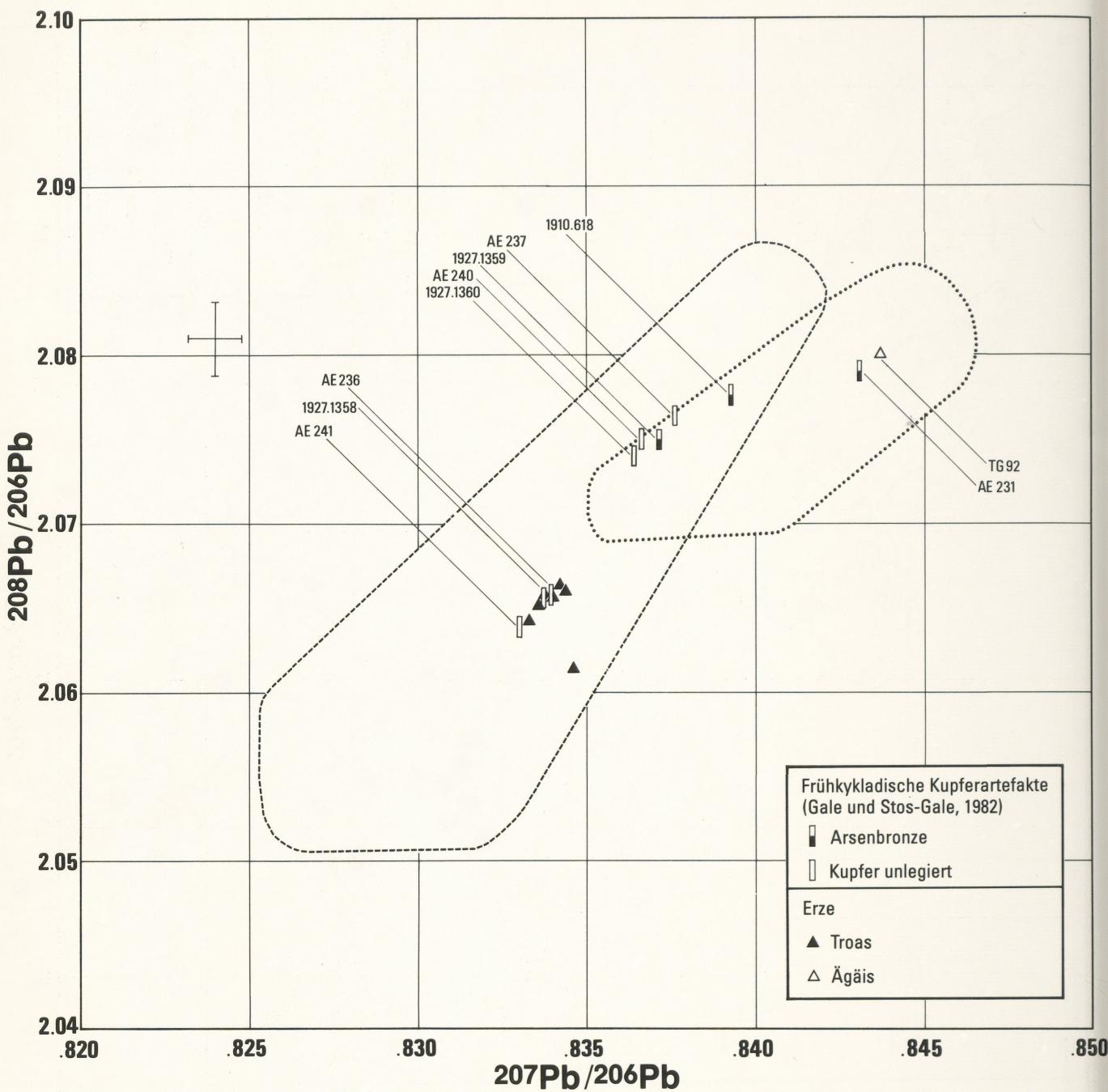
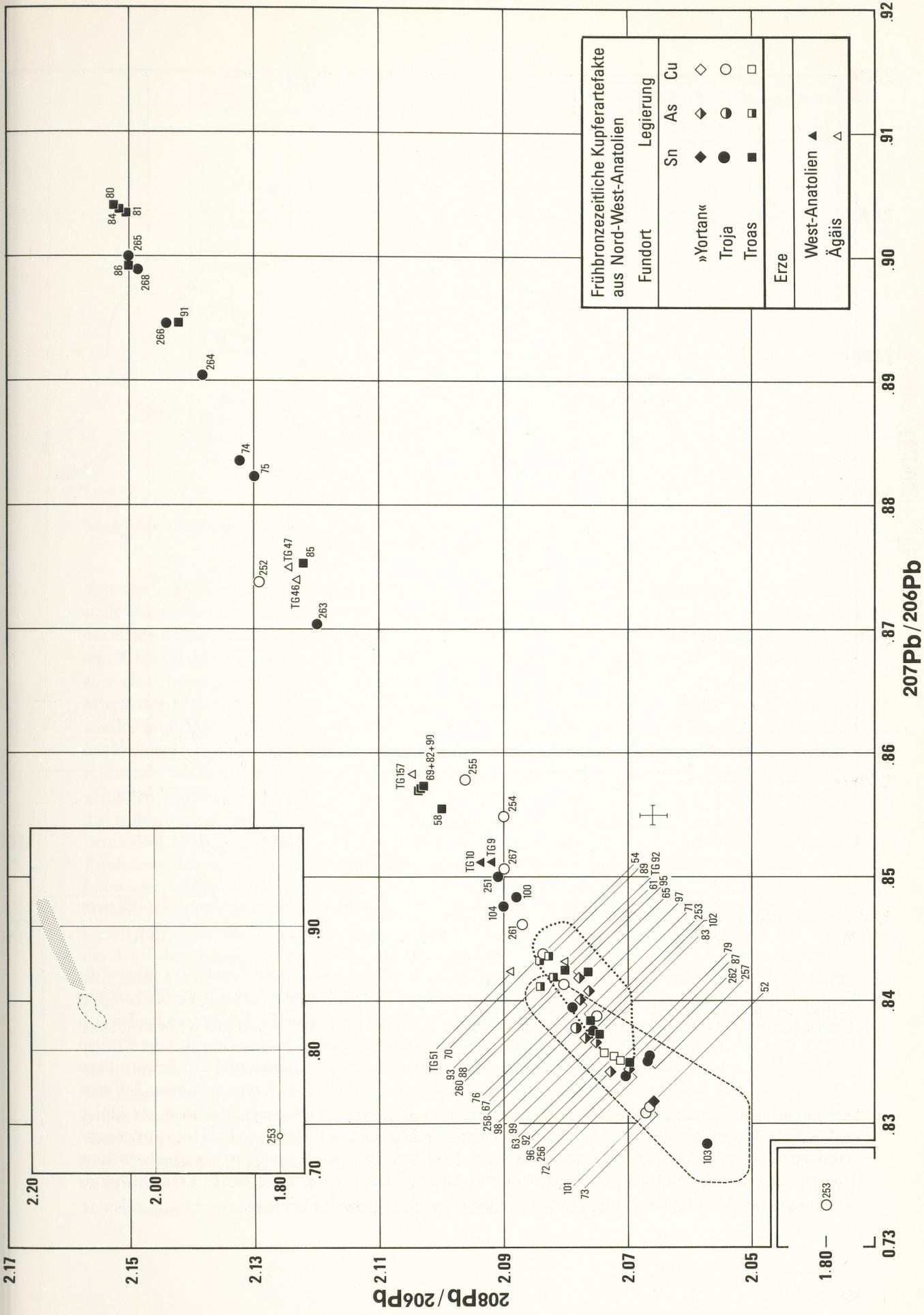


Abb. 30 Bleiisotopenverhältnisse in frühkykladischen Kupferartefakten nach Messungen von Gale und Stos-Gale (s. Anm. 62). Die Felder sind dieselben wie in Abb. 28; zusätzlich sind die Ergebnisse einiger Erze aus Abb. 28 eingetragen. Die Autoren ordnen die Artefakte AE 236, AE 241 und 1927.1358 der Lagerstätte von Laurion zu, die restlichen sechs sollen aus zyprischen Quellen stammen. Es ist offensichtlich, daß eine solche Zuordnung keineswegs zwingend ist.

Die von uns gemessenen Isotopenverhältnisse in Kupfer- und Bronzeartefakten aus Nordwestanatolien sind in Abb. 31 und 32 eingetragen. Man beachte insbesondere das Insert in Abb. 31, das die ganz ungewöhnlich große Variationsbreite bei den hier untersuchten Artefakten zeigt. Selbst ohne die in ihren Verhältnissen extrem tiefe Probe von einem der in Hissarlik gefundenen Flachbeile (HDM 253) überdecken die Proben von Hissarlik/Troja und der Troas einen wesentlich größeren Bereich als er unseres Wissens



liegen und bei denen alter Abbau möglich oder wahrscheinlich ist, sind gekennzeichnet. TG 9: Kemel-paşa (Prov. Izmir), TG 10: Kurudere (Prov. Izmir), TG 46: Spatharei (Samos), TG 47: Silea (Samos), TG 51: Argenos (Lesbos), TG 92: Aspros Pyrgos (Siphnos), TG 157A: Agrilia (Chios).

Abb. 31 Bleiisotopenverhältnisse in frühbronzezeitlichen Kupfer- und Bronzeartefakten aus der Troas. Die Ziffern bezeichnen die HDM-Nummern (s. Tab. 3 u. 4). Beziiglich der Artefakte von »Yortan« (s. Tab. 4). Die Felder sind dieselben wie in Abb. 28. Lagerstätten, die außerhalb dieses Felder

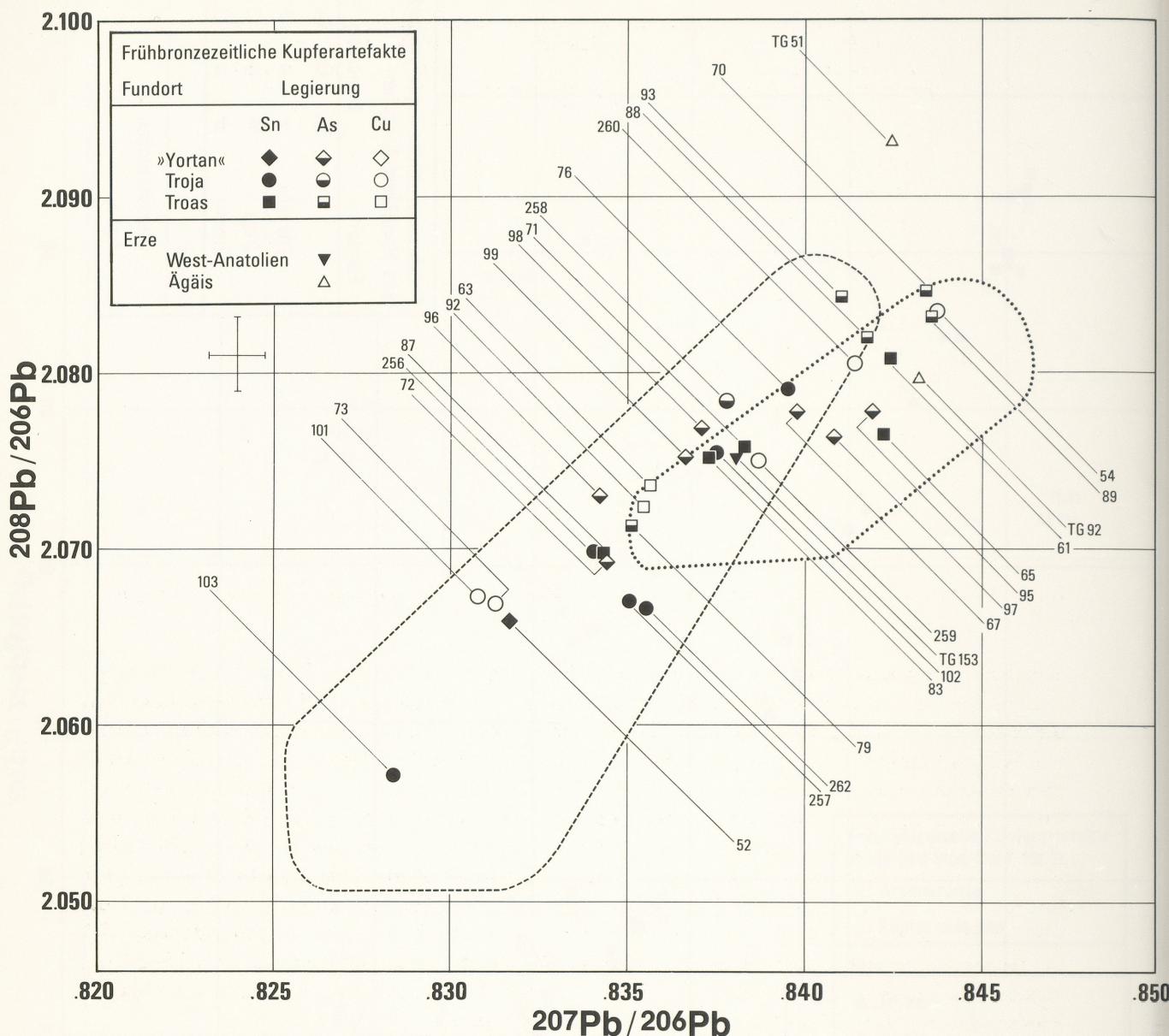


Abb. 32 Ausschnitt aus Abb. 31. Zusätzlich ist die Lage der zinnführenden Kupferlagerstätte von Soğukpınar (TG 153) eingezeichnet.

jemals für Funde aus einem so eng begrenzten Gebiet berichtet wurde. Die Ergebnisse führen die Behauptung ad absurdum, die isotopische Zusammensetzung von natürlichem Blei, z.B. im $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnis, könne bis zu 5% verschieden sein (s. Anm. 62). Unsere extremen Proben unterscheiden sich sowohl im $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ als auch im $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ Verhältnis um etwa 20%! Einzig die »Yortan«-Proben sind bezüglich der Schwankungsbreite eher typisch für einen Lagerstättenbezirk und den Erwartungen entsprechend, d.h. sie könnten überwiegend von Erzen aus dem ägäischen Raum stammen. Auf eine andere auffällige Übereinstimmung sei hier hingewiesen, daß nämlich zwei der Artefakte, ein Dolch (HDM 95) und eine Nadel (HDM 97) in das von den Gales (s. Anm. 62) gefundene Feld für zypriotische Kupfererze fallen (s. Abb. 30). Im Augenblick kann diese Tatsache, genau wie die weiter oben erwähnte Übereinstimmung der Isotopie von Artefakten von Amorgos mit der von anatolischen Erzen nichts als ein spekulativer Hinweis sein, dem aber vielleicht nachgegangen werden sollte.

Fundort/ Verwendungszweck	Material			Herkunft aus dem ägäischen Raum möglich	
	Sn	As	Cu	Ja	nein
Troja					
Dolch/Lanze	3	0	0	2	1
Messer	3	2	1	3	0
Beil/Meißel	13	6	4	3	10
Gefäß	8	6	1	1	7
Sonstiges	1	1	0	0	1
	28	16	6	9	19
»Troas«					
Gefäß	21	12	5	8	10
Sonstiges	1	1	0	1	0
	22	13	5	9	10
»Yortan«					
Dolch/Lanze	4	1	3	3	1
Messer	2	0	2	2	0
Nadel	2	0	2	1	1
	8	1	7	6	2

Tab. 5 Aufschlüsselung der Artefakte nach Verwendungszweck, Material (s. Tab. 4) und Herkunft aufgrund der Bleisotopenverhältnisse (s. Abb. 31 und 32).

Von den in Troja selbst gefundenen Gegenständen kann dagegen nur etwa ein Drittel aus Erzen hergestellt worden sein, die aus isotopisch bekannten Bergbauregionen stammen (s. Tab. 5). Ganz besonders die in den Isotopenverhältnissen extremen Proben haben bisher kein Pendant in bekannten Erzlagerstätten. Wir sind damit in einer ganz ungewöhnlichen Situation. Üblich bei Untersuchungen dieser Art ist eher ein Überangebot von isotopisch möglichen Quellen, aus denen auf Grund von Spurenelement-Mustern, von archäologischer Evidenz oder gar nur Plausibilitätsbetrachtungen eine Auswahl getroffen werden muß. Hier dagegen liegen die meisten Artefakte außerhalb des von Erzen abgedeckten Bereiches; das Problem ist nicht, mögliche Lagerstätten auszuschließen, sondern zunächst einmal überhaupt eine zu finden, die als mögliche Quelle in Frage kommt. Sollten solche Lagerstätten nicht noch in der Troas gefunden werden, so würde dieser Befund die weitverbreitete Meinung (s. Anm. 51, 53) widerlegen, daß die frühbronzezeitliche Metallverarbeitung Trojas auf dem Erzreichtum seiner näheren Umgebung beruhe. Aus Tab. 5 lassen sich auch keine Hinweise darauf ableiten, daß etwa nur eine gewisse Art von Produkten ausschließlich aus lokalem oder importiertem Material gefertigt wurde.

Ein wichtiger Aspekt der frühen Metallurgie in der Nordostägäis ist das Auftreten von Zinn und Zinnbronze. Auch von den hier untersuchten Metallobjekten besteht mehr als die Hälfte aus Zinnbronze. Damit dürfte eine annähernd repräsentative Probenauswahl getroffen worden sein (s. Anm. 53). Wegen des deutlichen Rückgangs im Gebrauch von Zinn in der Mittelbronzezeit wurde die Vermutung geäußert, daß es in der Troas ein relativ kleines Zinnvorkommen gegeben haben könnte, das gegen Ende der Frühbronzezeit bereits erschöpft war⁶⁵. In diesem Zusammenhang war der Bericht über die Entdeckung eines Vorkommens von Zinnkies bei Soğukpinar (s. Anm. 36) von besonderem Interesse. Kaptan (s. Anm. 37) zögerte denn auch nicht, das langgesuchte Zinnvorkommen in der Troas, das das frühe Auftauchen von Zinn und Zinnbronze in der Nordostägäis erklären könnte, mit Soğukpinar zu identifizieren. Die Ergebnisse unserer bisherigen Untersuchungen, vor allem aber die niedrigen Zinngehalte in den Erzen von Soğukpinar, widersprechen allerdings dieser Auffassung. Hinzu kommt, daß nur drei der hier untersuchten zinnhaltigen Artefakte isotopisch mit Erzen von Soğukpinar übereinstimmen (s. Abb. 32). Da in Soğukpinar Zinn, Kupfer und Blei zusammen vorkommen, wäre eine isotopische Übereinstim-

⁶⁵ K. Branigan, Silver and lead in prepalatial Crete. Am. Journal Arch. 72, 1968, 219-229.

mung von Lagerstätte und Artefakten auf alle Fälle zu erwarten, wenn von hier die Technologie der Zinnbronze ihren Ausgang genommen hätte. Gegen diese Theorie spricht auch, daß der überwiegende Teil unserer Zinnbronzen isotopisch außerhalb des Ägäisfeldes liegt (Abb. 31). Da Zinn in der Frühbronzezeit vermutlich aus Zinnstein gewonnen wurde, der üblicherweise sehr wenig Blei enthält, wird die isotopische Zusammensetzung des Bleis in Zinnbronzen durch das Kupfererz oder durch Bleizuschläge bestimmt. Das bedeutet, daß, selbst wenn diese Objekte in der Troas hergestellt wurden, sowohl Kupfer als auch Zinn importiert sind. Möglicherweise geschah dies schon als Legierung, wie der Ösenring (HDM 251) andeuten könnte.

Im Gegensatz zu den Zinnbronzen fällt fast die Hälfte aller Arsenbronzen in das Erzfeld der Ägäis, ein zusätzlicher Hinweis, daß die lokale Produktion kaum Zugang zu reichen Zinnvorkommen gehabt haben dürfte. Diese vorläufige Interpretation muß noch vertieft und mit typologischen Details verknüpft werden. Dies bleibt einer späteren Publikation vorbehalten.

Zur Vermeidung von Mißverständnissen sollte eine – möglicherweise zu sehr vereinfachende – Annahme noch einmal ganz deutlich herausgestellt werden: Bei dem Vergleich von Artefakten mit Erzen haben wir fast ausschließlich die isotopische Zusammensetzung von Blei-Erzen herangezogen, und zwar aus dem rein pragmatischen Grund, daß nur für diese ein umfangreiches Datenmaterial vorliegt. Höchstens bei den Artefakten mit Bleigehalten > 1% wird jedoch das Blei aus zugesetztem Blei oder Blei-Erzen stammen (# 80, 81, 90 und 84, drei Henkelansätze und ein Ausguß aus der Troas sowie 257, 265 und 268 von einer Dolchklinge bzw. einem Gefäß aus Hissarlik/Troja); in allen übrigen Fällen ist daher eigentlich die isotopische Zusammensetzung der Bleispuren in den Kupfererzen oder in den bei der Bronzeherstellung verwendeten Zuschlägen entscheidend. Es gibt einige wenige Vergleichsanalysen aus Laurion (s. Anm. 62), Chalkidiki⁶⁶, Thasos und Westanatolien⁶⁷, bei denen Kupfererze bzw. eine Kupferschlacke jeweils in das durch die Bleierze derselben Region definierte Feld fallen – und Gale und Stos-Gale (s. Anm. 62) geben eine Reihe von geologischen und geochemischen Gründen an, warum keine großen Unterschiede zu erwarten sind, weder zwischen dem Blei aus Bleierzen und Kupfererzen noch für das der bei der Kupfergewinnung möglicherweise verwendeten Zuschläge wie Sand, Hämatit, Limonit, Arsen, Zinn oder Holzkohle. Es muß jedoch weiteren Messungen an Kupfererzen oder datierten Kupferschlacken vorbehalten bleiben, diese Unsicherheit zu beseitigen. Da große Unterschiede im Isotopendiagramm keineswegs große geographische Entfernung implizieren, müssen zunächst alle wichtigen Erzprovinzen Kleinasiens chemisch und isotopisch charakterisiert sein, bevor man mit Sicherheit sagen kann, ob anatolische Erze als Rohstoffquellen für die Mehrzahl der Artefakte aus Troja und der Troas in Frage kommen oder ob man in anderen, möglicherweise entfernteren Regionen suchen muß.

Obwohl die Kombination von chemischen und isotopischen Charakteristika von Metallartefakten bereits vielversprechende Interpretationsmöglichkeiten bezüglich der Herkunft des Rohmaterials bietet, können wir noch einen Schritt weiter gehen und erstmals mit einer unabhängigen Methode die Signifikanz von chemischen Metallgruppen für die Herkunftsbestimmung überprüfen.

Die chemische Zusammensetzung eines Metallartefakts wird sowohl von der Lagerstätte als auch von den Verarbeitungsprozessen bestimmt. Da sich die Begleitelemente des Kupfers dabei verschieden verhalten, ist es nicht gleichgültig, welche Elementkombinationen für eine Gruppenbildung herangezogen werden, soll eine Beziehung zwischen Erzlagerstätte und Metallartefakt hergestellt werden. Ohne hier ins Detail zu gehen, kann festgestellt werden, daß nach bisherigen Erkenntnissen⁶⁸ die Elemente Gold, Silber, Nickel und, mit Einschränkungen, Kobalt im Kupfer bleiben, und zwar unabhängig von der Art des Ausgangserzes. Sie sind deshalb Indikatoren für die Erzlagerstätte, aus der das Metall stammt.

⁶⁶ M. Vavelidis, I. Bassiakos, F. Begemann, K. Patriarcheas, E. Pernicka, S. Schmitt-Strecker und G. A. Wagner, Geologie und Erzvorkommen von Sifnos. In: G. A. Wagner u. G. Weisgerber (Hrsg.), Silber, Blei und Gold auf Sifnos – Prähistorische und antike Metallproduktion. Anschnitt Beiheft 2 (im Druck).

⁶⁷ Eine bisher unveröffentlichte Analyse von Malachit + Azurit aus Vouves (Thasos) ergab $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 2,0691$

und $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 0,8341$; eine Cu-Schlacke aus Keles 2,0668 und 0,8321. Für eine Reihe von Bleierzproben aus Thasos s. z.B. Anm. 12 und 66.

⁶⁸ R. F. Tylecote, H. A. Ghaznavi and P. J. Boydell, Partitioning of trace elements between the ores, fluxes, slags and metal during the smelting of copper. Journal Arch. Science 4, 1977, 305–333.

Cluster Datenbasis	1	2	3	4	5	6	ungruppiert
Alle Elemente	52, 63, 65, 70, 74, 75, 76, 79, 83, 85, 88, 89, 91, 92, 93, 100, 102, 103, 104, 258, 259, 260, 261, 262		58, 61, 69, 82, 90, 251, 257, 263, 264, 265, 266, 268	71, 73, 87, 101	80, 81, 84, 86	67, 72, 95, 96, 97, 98, 99, 254	54, 252, 253, 255, 256, 267
Co, Ni, As, Sb, Ag, Au	52, 63, 70, 74, 75, 76, 79, 83, 85, 88, 89, 91, 92, 93, 100, 104, 257, 259, 260, 262	102, 258	58, 61, 69, 82, 90, 251, 263, 264, 265, 266, 268	73, 87, 101	65, 71, 103, 261	67, 72, 80, 81, 84, 86, 95, 96, 97, 98, 99	54, 252, 253, 254, 255, 256, 267
Co, Ni, Ag, Au	63, 70, 71, 73, 74, 75, 88, 89, 91, 92, 93, 100, 101, 103, 257, 259, 260, 261	87, 102, 258	58, 61, 65, 69, 82, 90, 104, 251, 262, 263, 264, 265, 266, 268	54, 85	252, 254	52, 67, 72, 76, 79, 80, 81, 83, 84, 86, 95, 96, 97, 98, 99	253, 255, 256, 267
stabile Cluster	63, 70, 74, 75, 88, 89, 91, 92, 93, 100, 259, 260		58, 61, 69, 82, 90, 251, 263, 264, 265, 266, 268		80, 81, 84, 86	67, 72, 95, 96, 97, 98, 99	
	A		B			C1	C2

Tab. 6 Aufteilung der Proben durch die average-link-Clusteranalyse.

Bei Rohmetallformen (z.B. Barren) kommen noch Arsen, Antimon, und vielleicht auch Blei, Wismut, Eisen und Selen hinzu, denn die Gehalte dieser Elemente werden im wesentlichen durch die Erzart (sulfidisch oder oxidisch) und den Verhüttungsprozeß bestimmt. Wenn man davon ausgeht, daß ein Produktionszentrum vorwiegend das Erz einer einzigen Lagerstätte verhüttete, dann kann auf diese Weise Rohmetall einem Produktionszentrum zugeordnet werden.

In der Schmiedewerkstatt, die häufig nicht mit der Produktionswerkstatt identisch ist, kann die Zusammensetzung des Kupfers, insbesondere der Gehalt an Eisen, Selen und Zink⁶⁹, durch Schmelzen und Raffinieren weiter verändert werden. Hinzu kommen eventuell Legierungszusätze, vor allem Zink und Blei, die zum Teil dieselben Spurenelemente enthalten wie das Kupfer. Je nach Elementkombination sollte man deshalb im Idealfall verschiedene Informationstiefen über die Herkunft eines Metallartefakts erhalten: Die Werkstatt, das Produktionszentrum oder die Erzlagerstätte.

Für die hier durchgeführte Clusteranalyse⁷⁰ wurden deshalb verschiedene Elementkombinationen herangezogen (s. Tab. 6). Es zeigt sich, daß eine Reihe von Objekten unabhängig von der verwendeten Elementkombination in dieselbe Gruppe fällt. Diese wurden deshalb »stabile« Cluster genannt (s. Tab. 7). Nach dem oben gesagten dürften bei diesen Gruppen Werkstatt, Produktionszentrum und Lagerstätte jeweils räumlich beieinander liegen.

In Tabelle 8 sind diese Gruppen nach Fundorten aufgegliedert. Ein Vergleich mit den Isotopenanalysen (Abb. 33) zeigt, daß offensichtlich nur die »Yortan«-Artefakte einer einzigen Lagerstätte zugeordnet werden können⁷¹. Die Objekte von Troja und dem Hortfund aus der Troas dürften dagegen von verschiedenen Lagerstätten stammen.

Chemisch und isotopisch einheitlich ist auch die chemische Gruppe C1⁷² zusammengesetzt, die sich vor allem in den typischen »Werkstattelementen« von den »Yortan«-Artefakten unterscheidet. Ob die Unterschiede in den Bleiisotopenverhältnissen auf verschiedene, chemisch ähnliche Lagerstätten oder

⁶⁹ J. F. Merkel, Summary of experimental results for Late Bronze Age copper smelting and refining. Museum Applied Science Center (MASCA) Journal Vol 2, No. 6, 1983, 173-179.

⁷⁰ Siehe z.B. F. R. Hodson, Searching for structure within

multivariate archaeological data. World Archaeology 1, 1969, 90 ff. Für die hier angewandte Methode s. Anm. 44.

⁷¹ Die Sn-Bronze HDM 54 ist davon ausgenommen.

⁷² HDM 80, 81 und 84 stammen möglicherweise von demselben Gefäß, s. auch Anm. 44.

	Sn mg/g	Pb mg/g	As mg/g	Sb mg/g	Co µg/g	Ni mg/g	Ag µg/g	Au µg/g	Bi mg/g	Fe mg/g	Se mg/g
A	21,9 <0,29-82	1,6 0,051-8,2	21 5,6-44,6	0,95 0,17-2,2	43 10-89	1,2 0,34-2,2	300 71-642	15 8,3-27,1	— <0,025-5,0	0,5 <0,9-8,1	65 13-158
B	81 52-102	7,7 0,2-22	4,4 0,74-26	0,076 0,052-0,176	99 32-220	0,18 0,2-2,7	25 11-92	1,9 0,6-4,1	— 0,0-0,34	2,4 0,4-5,5	18 4,0-40
C1	81 71-104	36 1,7-28,8	1,2 0,97-1,3	0,23 0,13-0,25	6,5 6,0-7,0	0,22 0,08-0,43	816 423-987	31 0,5-44,2	1,1 0,04-1,8	— <0,65-1,1	60 <4-97
C2	— <0,04-0,39	— 0,0-0,73	41,2 28,6-62,2	0,10 0,05-0,18	5,4 4,0-11	0,22 0,067-0,47	770 90-2900	18 6,6-21	— <0,02-0,039	— <0,1	17 6-42

Tab. 7 Zusammensetzung der stabilen Cluster.

	A	B	C1	C2
Troja	74, 75, 100, 259, 260	251, 263, 264, 265, 266, 268		
»Troas«	63, 70, 86, 89, 91, 92, 93	58, 61, 69, 82, 90	80, 81, 84, 86	
»Yortan«				67, 72, 95, 96, 97, 98, 99

Tab. 8 Herkunft der Proben in den stabilen Clustern.

auf den Zusatz von Blei – drei der vier Proben enthalten mehr als 1% Blei – zurückzuführen sind, muß derzeit noch offen bleiben.

Die beiden anderen chemischen Gruppen sind dagegen isotopisch uneinheitlich zusammengesetzt. Welche Erklärungen bieten sich dafür an? Erstens können chemisch ähnlich zusammengesetzte Lagerstätten isotopisch verschieden sein. Zweitens kann im Prinzip Blei zusammen mit dem Zinn in die Legierung gelangen. Wie aber bereits erwähnt, wurde in der Frühbronzezeit vorwiegend Zinnstein zur Bronzeherstellung verwendet, so daß wegen der im allgemeinen niedrigen Bleigehalte von Zinnstein keine Veränderung der Bleiisotopenverhältnisse im Kupfer zu erwarten ist. Schließlich besteht die a priori nie auszuschließende Möglichkeit der Vermischung zweier Erze mit unterschiedlicher isotopischer Zusammensetzung, wodurch aus den beiden Endgliedern – je nach Mischungsverhältnis – intermediäre Zusammensetzungen erzeugt werden können.

In den Isotopendiagrammen der hier gewählten Art liegen solche Mischungen stets auf der Verbindungsgeraden der beiden Endglieder und können selbstverständlich nie extremer als diese sein (dasselbe gilt sinngemäß für eine Mischung aus mehr als zwei Proben, wobei dann nicht die Verbindungsgerade der Locus aller möglichen Mischungen ist, sondern die Fläche innerhalb des von den Endgliedern aufgespannten Polygons.) Wenn eine Mischung jetzt durch einfaches Zusammenschmelzen verschiedener Rohkupfersorten zustande kommt, sollten auch einige Elementverhältnisse auf solchen Mischungsgeraden liegen. In Abb. 34 ist daher das Isotopenverhältnis $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ gegen das Konzentrationsverhältnis Ag/Pb aufgetragen; Mischungen verschiedener Rohkupfersorten liegen auf Geraden, wie sie – als Beispiel – eingezeichnet sind. Solche Trends sind weder für die Artefakte der Gruppe A noch in Gruppe B insgesamt zu sehen, und Proben aus verschiedenen chemischen Gruppen sind per definitionem so unterschiedlich zusammengesetzt, daß Mischungen ohnehin unwahrscheinlich sind.

Um Zufälligkeiten zu eliminieren, kann das Ag/Pb-Verhältnis gegen andere Element/Pb-Verhältnisse, die sich beim Zusammenschmelzen ebenfalls nicht oder nur geringfügig ändern, ausgetauscht werden. Au/Pb oder Ni/Pb bieten sich etwa an, und erst wenn alle diese Elementpaare dasselbe Ergebnis liefern, kann mit großer Wahrscheinlichkeit festgestellt werden, ob Mischungen vorliegen oder nicht. Als Bei-

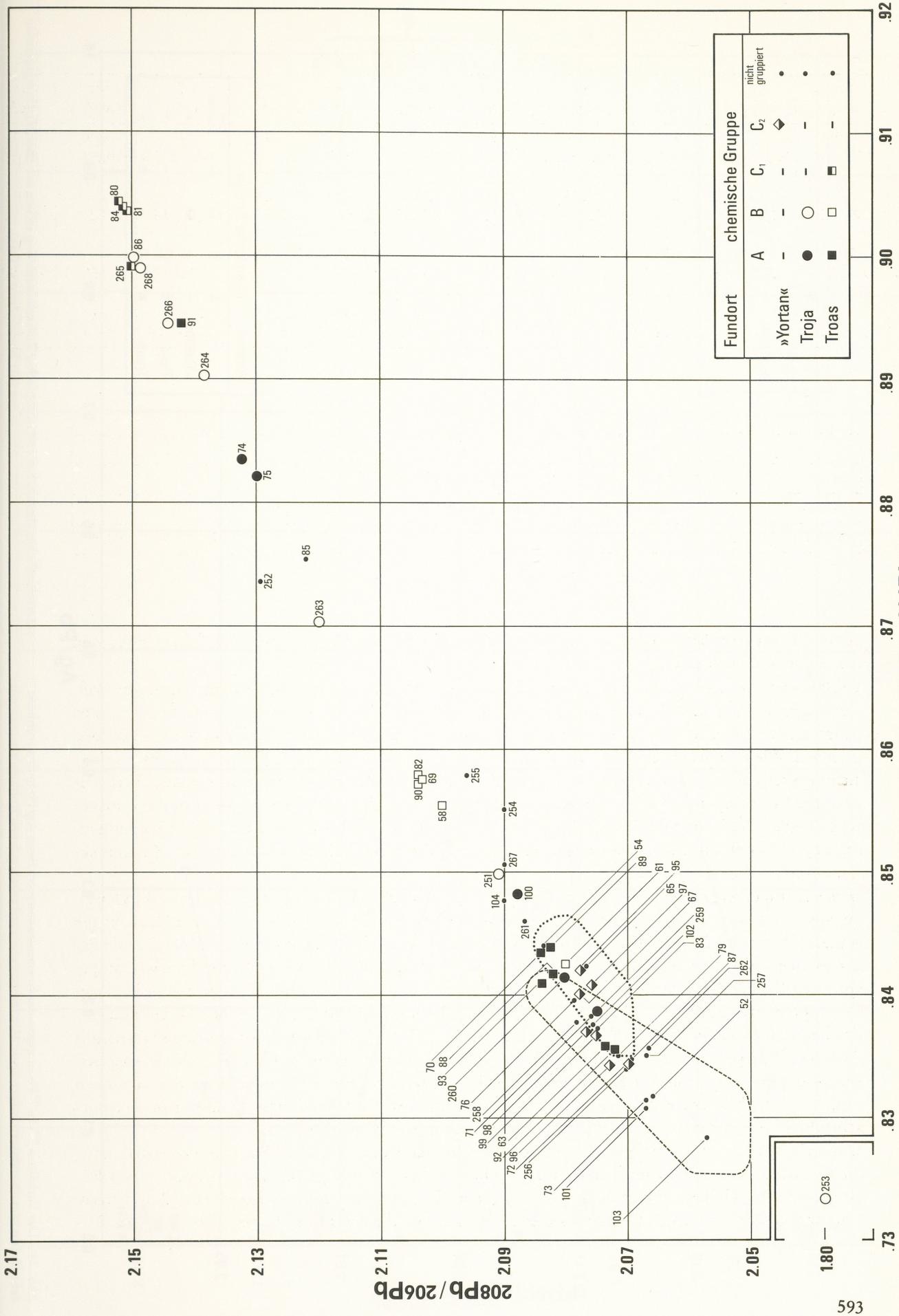


Abb. 33 Bleiisotopenverhältnisse in frühbronzezeitlichen Metallartefakten, aufgeschlüsselt nach chemischen Gruppen (s. Tab. 6). Die mit »nichtgruppiert« bezeichneten Artefakte sind Einzelproben, die sich keinem Cluster zuordnen ließen.

.92 .91 .89 .90 .88 .87 207Pb/206Pb

L .73

593

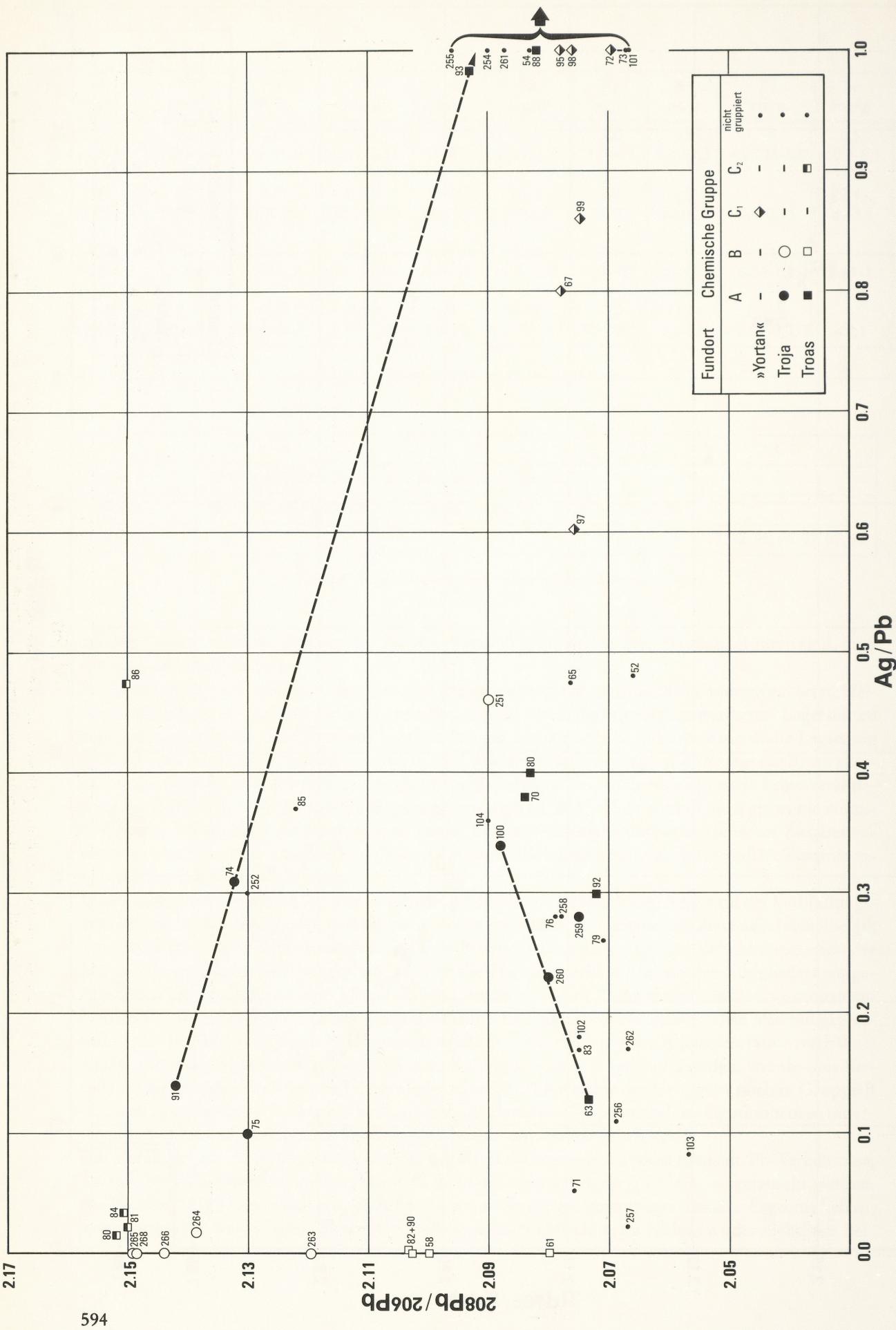


Abb. 34 Das Verhältnis $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ist gegen das Konzentrationsverhältnis Ag/Pb in den frühbronzezeitlichen Metallartefakten aufgetragen. Mischungen von zwei verschiedenen Rohkupfersorten mit unterschiedlicher chemischer und isotopischer Zusammensetzung sollten auf einer Mischungseraden liegen (für Einzelheiten s. Text).

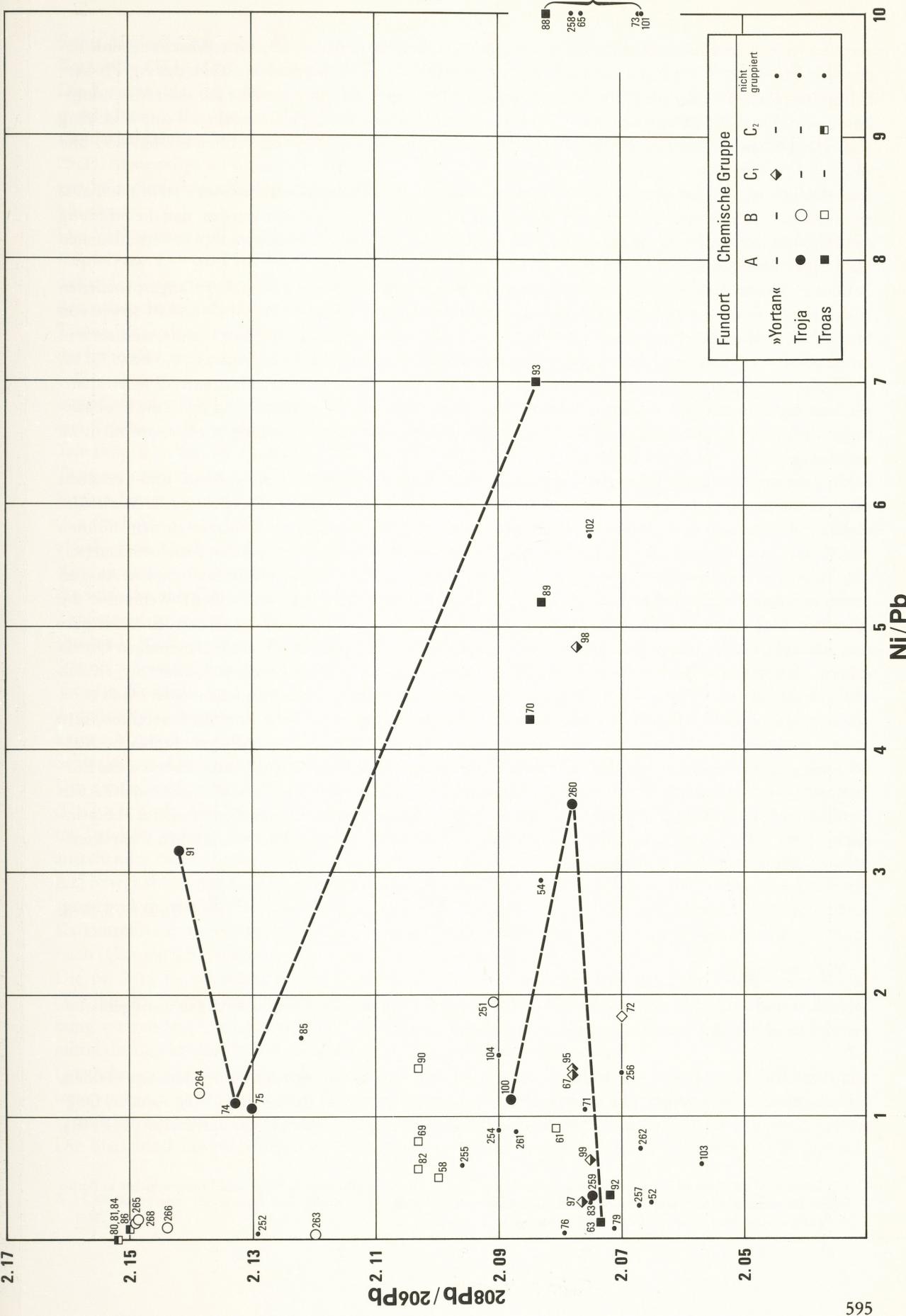


Abb. 35 Das Konzentrationsverhältnis Ag/Pb wurde durch Ni/Pb ersetzt. In diesem Diagramm liegen die Proben HDM 260 und HDM 74 nicht mehr auf der Verbindungsgeraden von HDM 63 und 100 bzw. von HDM 91 und 93.

spiel sei der Fall der Proben HDM 63, 100 und 260 angeführt, die in Abb. 34 auf einer Mischungslinie liegen, d.h. HDM 260 könnte aus einer Mischung von HDM 63 und 100 bestehen. Wenn das Ag/Pb-Verhältnis durch Au/Pb oder Ni/Pb (s. Abb. 35) ersetzt wird, liegen die Punkte weder auf einer Mischungslinie noch liegt HDM 260 zwischen den beiden anderen Punkten. Sie kann also nicht auf eine Mischung von HDM 60 und 100 zurückgeführt werden. Dasselbe gilt sinngemäß für die Proben HDM 74, 91 und 93.

Eine detaillierte Datenanalyse für alle möglichen Proben- und Elementkombinationen steht noch aus; aufgrund der Abb. 34 und 35 kann aber bereits mit Sicherheit ausgeschlossen werden, daß die Streuung der Datenpunkte im Isotopendiagramm (Abb. 31 und 32) auf eine Mischung von zwei verschiedenen Rohkupfersorten zurückzuführen ist.

In diesem Zusammenhang erscheinen besonders bedeutsam die bereits oben kurz angesprochenen Unterschiede in der isotopischen Zusammensetzung des Bleis der Proben HDM 79 und 91 sowie von HDM 263 - 266 und 268. Die beiden ersten, von der Rotelle und dem Griff einer Pfanne, sind auch in ihrer chemischen Zusammensetzung so voneinander verschieden (der Sn-Gehalt etwa ist 0,5 bzw. 7,2%, s. Tabelle 3), daß gar kein Zweifel bestehen kann, daß Rotelle und Griff aus verschiedenen Quellen stammen und irgendwann später zusammengefügt worden sind. Damit in Übereinstimmung ist die Beobachtung von Bittel »Jedoch sind in diesem Beispiel die Rotellen unverhältnismäßig schwer, um nicht zu sagen plump« (s. Anm. 51, S. 2).

Nicht ganz so eindeutig scheint die Lage bei den fünf Proben der 260er-Serie von ein- und derselben Bügelkanne zu sein⁷³. Zwar konstatiert Bittel (s. Anm. 51) auch hier wieder als typologische Merkwürdigkeit: »Die schweren massiven Henkelansätze stehen in merkwürdigem Kontrast zu dem dünnen Gefäßkörper und nicht minder zu dem Tragbügel«, insgesamt aber findet er: »aus den Bruchstücken (sei) eine Vase ansprechend rekonstruiert« (op. cit., S. 14) (allerdings offenbar so, daß die Stellung von Ausguß und Bügelhenkel nicht senkrecht zueinander, sondern achsengleich hätten sein sollen). Wenn aber die einzelnen Teile dieses Gefäßes nach Form und allen sonstigen stilistischen Merkmalen zueinander passen, wie erklärt sich dann, daß das in ihnen enthaltene Blei mit Sicherheit nicht aus einer einzigen Quelle stammt? Hat dieselbe Werkstatt gleichzeitig Erze verschiedener Herkunft verarbeitet, oder spiegelt sich – bei gleichbleibender Form – ein zeitlicher Wechsel der verwendeten Rohstoffquellen wider? Gab es im selben metallurgischen Zentrum verschiedene Werkstätten, die einheitliche Formen herstellten, ihre Ausgangsmaterialien aber aus verschiedenen Quellen bezogen? Wie groß war die geographische Ausdehnung solcher metallerzeugenden oder metallverarbeitenden Zentren oder, genauer, über welche Entfernung wurden in der frühen Bronzezeit Erze oder Rohmetall (vermutlich letzteres) gehandelt? Auch hier können wir im Augenblick nur spekulieren – und auch hier scheint dringend geboten, das Hauptinteresse jetzt auf eine umfassende Bestandsaufnahme der isotopischen und geochemischen Charakteristika von Lagerstätten zu konzentrieren.

F.B., E.P., S. S.-S.

b) Verhüttung

Schlacken sind – da sie als unbrauchbarer Abfall weggeworfen werden – oft die einzigen übriggebliebenen Indikatoren von alten metallurgischen Prozessen.

Um diese frühe Metallurgie zu studieren, haben wir von 40 Plätzen, meistens ausgedehnten Halden, Schlackenproben gesammelt. Die Untersuchung dieser Proben zeigte, daß an den Orten Avcilar, Doğancılar, Çamyurt, Yuvalar, Kozçağız, Keles und Tahtaköprü Kupfer, an den Orten Karaaydin (TG 14B),

⁷³ Die Proben HDM 265 und 266 stammen sogar von demselben Henkelansatz, aber von verschiedenen, miteinander verbundenen Metallteilen, wie eine Röntgenuntersu-

chung im Museum für Vor- und Frühgeschichte in Berlin ergab.

Balya Maden, Güre Köy, Arapuçandere, Madenbeleni Tepe und Gümüşköy Blei sowie an den Orten Karaaydin (TG 14D) und Küserlik (TG 145C) Eisen verhüttet wurde.

Die Kupferschlacken sind überwiegend fayalitisch (Taf. 95, 1), und nur in geringem Maße glasig. Sie sind mehr klumpig als plattig und oft stark blasig ausgebildet. Gelegentlich sind sie als schüsselförmige sog. »Schlackenkuchen« erhalten. Wenn die Schlacke rötliche, kugelförmige Metalleinschlüsse enthält (s. Taf. 95, 1), ist sie selbst im Gelände leicht als Kupferschlacke zu identifizieren. Malachitüberzüge sind dagegen kein eindeutiger Beweis für Kupferverhüttung, da sie auch bei geringen Kupferspuren entstehen können.

Das Vorkommen von Kupferstein (Taf. 95, 2) in der Schlacke ist ein Indiz für die Verhüttung sulfidischer Kupfererze. Die oxidisch-karbonatischen Kupfererze Malachit und Azurit in den Schlacken sind Produkte der Verwitterung. Aufgrund der aufgefundenen Erzbruchstücke auf den Schlackenplätzen und auf den nahegelegenen Erzhalde kommen in erster Linie Kupferkies (Avclar, Doğancilar, Yuvalar, Keles, Tahtaköprü), daneben Bornit (Avclar) und Chalkosin (Tahtaköprü) als Ausgangserz in Betracht. Wegen des hohen Schwefelgehaltes (35%) des Kupferkieses und der großen chemischen Affinität von Kupfer zu Schwefel unter den reduzierenden Bedingungen im Schmelzofen ist eine Röstung erforderlich. Vom anschließenden Schmelzvorgang bleiben Reste vom Kupferstein, in dem sich Kupfer- und Eisensulfide wie Chalkosin, Neodigenit, Bornit, Kupferkies und Magnetkies bilden (Çamyurt, Yuvalar, Kozcağız, Tahtaköprü [s. Taf. 95, 2]) in den Schlacken erhalten. Die Steinbildung läuft bei 1050-1200°C ab, d.h. bei Temperaturen, die in den frühen Schmelzöfen mit Blasebalgbelüftung erreicht werden konnten⁷⁴. Das Vorhandensein von Kuprit (Cu_2O) im Kupferstein zeigt, daß die Reaktion der Kupferstein-Bildung ($Cu_2O + FeS = Cu_3S + FeO$) nicht immer vollständig in der gewünschten Richtung von links nach rechts abließ, denn Kupferoxid hat sich oft aus Kupfersulfid zurückgebildet (Çamyurt, Yuvalar [Taf. 96, 3], Kozcağız). Gleichzeitig mit dem Stein bildete sich aus den Silikaten und aus dem überschüssigen Eisen die Schlacke, die sich aufgrund der Dichteunterschiede von der sulfidischen Schmelze trennte. Im Laufe des Schmelzprozesses reicherte sich die sulfidische Schmelze mit Kupfer an, das sich tröpfchenförmig abschied. Stationen der Abreicherung von Eisen und Anreicherung von Kupfer in der sulfidischen Schmelze lassen sich in den Kupfersteineinschlüssen der Schlacken erkennen. Schlacken von Çamyurt, Yuvalar, Kozcağız und Tahtaköprü enthalten eisenreichen Kupferstein mit mehr oder weniger reichen Anteilen von Magnetkies. Der Stein in der Schlacke von Doğancilar ist angereichert an Kupfer, enthält keinen Magnetkies mehr, nur Chalkosin und metallisches Kupfer, und schließlich der Kupferstein der Schlacke von Avclar nur noch metallische Kupferkugelchen.

Um den Schmelzpunkt der Erze herabzusetzen und die Viskosität der Schlacke günstig zu beeinflussen (CaO z.B. senkt die Viskosität), setzte man der Ofenfüllung (= Charge) einen Zuschlag zu. Als Flußmittel-Zuschlag wurden Gangmittel der Erze wie z.B. Quarzit (Çamyurt) oder nahe dem Schmelzplatz anstehendes Nebengestein wie z.B. Kalkstein (Avclar, Yuvalar, Tahtaköprü) oder Granodiorit (Kozcağız) bzw. nahe anstehende Eisenerze wie Hämatit (Doğancilar), Limonit (Yuvalar) verwendet. Dementsprechend wurden die Schlacken beim vorwiegend eisenreichen Zuschlag magnetitreich (Yuvalar), beim Kalkzuschlag pyroxenhaltig (Avclar, Yuvalar, Tahtaköprü) oder beim quarzhaltigen Zuschlag fayalitreich (Çamyurt, Kozcağız).

Die ca. 7-10 kg schweren »Schlackenkuchen« sprechen für Öfen von geringem Fassungsvermögen (Yuvalar, Kozcağız). Als Ofenwandmaterial wurden Tone und Gesteinsbruchstücke der direkten Umgebung verwendet (Avclar, Doğancilar, Çamyurt, Yuvalar, Kozcağız). Als Brennstoff und Reduktionsmittel diente Holzkohle, wie zahlreiche Einschlüsse in Schlacken belegen.

Die technische Entwicklung läßt sich leider wegen der Streuung der Proben in Raum und Zeit hier nicht untersuchen. Die Verhüttung sulfidischer Kupfererze über eine Kupfersteinphase ist in diesem Raum vermutlich bereits seit der Vorantike bekannt und bis zum Hochmittelalter belegt.

Die Bleischlacken sind, ähnlich den Kupferschlacken, auch mehr fayalitisch als glasig (Taf. 95, 3), doch

⁷⁴ H. G. Bachmann, The identification of slags from archaeological sites. Occ. Publ. Inst. Archaeol. Univ. London, No. 6, 1982, 1-37.

im Unterschied zu jenen öfters als Platten ausgebildet. Sie sind oft reich an Blasen, können mit sekundärem Bleiweiß überzogen sein oder in den Hohlräumen sekundär gebildete Cerussit-Nadeln enthalten. Das Blei wurde vorwiegend aus Bleiglanz (fast immer Zinkblende führend) gewonnen (Taf. 95, 4). Doch weist das Vorkommen von Speise (Balya Maden [Taf. 96, 1], Güreköy, Madenbeleni Tepe) auch auf die Verwendung As- und Sb-haltiger Erze hin. Die beobachteten Blei-, Kupfer- und Eisensulfide der Schlacke von Madenbeleni Tepe sind Reste eines sog. »Bleisteins« (Taf. 95, 3), der durch die Verhüttung schwefelhaltiger Mischerze entstand. Das Vorkommen von Speise in Balya und Güre lässt vermuten, daß die Erze dort nicht geröstet wurden, da bei der Röstarbeit die leichtflüchtigen Arsenverbindungen und ein Teil des Antimons verloren gegangen wären.

Als Flussmittel wurden Kalkstein und Marmor (Balya Maden, Güreköy), granitische Gesteine (Karaaydin, Balya Maden), Andesit (Arapuçandere), Quarzit (Güreköy, Madenbeleni Tepe, Arapuçandere), Eisenoxide (Madenbeleni Tepe, Gümüşköy) und Manganoxide (Madenbeleni Tepe) verwendet.

Die Erze zertrümmerte man auf einem Steinamboß mit Klopfstein (Gümüşköy) (s. Taf. 94, 3) und schmolz sie in kleinen Schmelzöfen. Für vermehrte Luftzufuhr sorgten Blasebälge mit Keramikdüsen (Arapuçandere).

Obwohl der Bleiglanz im Altertum meist im Hinblick auf die Silbergewinnung verhüttet wurde, wurden nur an einer Stelle direkte Hinweise auf die Entsilberung von Blei (Kupellation) gefunden, nämlich in der Form von Bleiglatte in der Nähe von Balya.

Die grauen bis graubraunen Eisenverhüttungsschlacken von Karaaydin und Küserlik sind klumpig oder flach-wulstig ausgebildet, oft blasenreich und randlich stark limonitisiert. Sie enthalten metallisches Eisen und Wüstit, Magnetit in dendritischer Form, die in einer fayalitischen Matrix eingebettet liegen (Taf. 96, 2). Die Grundmasse kann mehr oder weniger auch glasig ausgebildet sein. Diese mikroskopische Struktur und die hohen Eisengehalte (66-62 Gew.-%) sind charakteristische Merkmale früherer Rennfeueroefenschlacken⁷⁵.

I.B., E.P.

⁷⁵ H. G. Bachmann, Untersuchung einer vermutlich hethitischen Eisenschlacke aus Sirzi (Malatya), Türkei. Arch. Eisenhüttenw. 38 (11), 1967, 809-812.

Nachtrag

Nach Abschluß des Manuskriptes standen noch einige Datierungsergebnisse zur Verfügung, die der Vollständigkeit wegen hier mitgeteilt werden.

TG 12 Altınluk, Prov. Balıkesir

Im südöstlichen Teil des Grubengebäudes wurde in einer Lampennische zwischen zwei Sinterlagen Holzkohle gefunden. Sie stammt vermutlich von einer Nachuntersuchung eines »hellenistischen« Ortes. An der Holzkohle wurde ein ¹⁴C-Alter von 1800 ± 95 Jahren (HD 8847-8817) gemessen, das korrigiert die Nachuntersuchung in die Mitte des 3. Jahrhunderts v. Chr.

TG 18 Balya, Prov. Balıkesir

Ein niedrig gebranntes Keramikfragment vom Nord-

hang des Açırlıktepe ergab ein Thermolumineszenz-Alter von 25 v. Chr. ± 175 (Mittelwert aus Feinkorn- und Quarzeinschlußalter). Dieses Fragment datiert aber kaum den Ringwall. Auf der Höhe des Açırlıktepe selbst wurde kein datierbares Material gefunden.

TG 155 Gümüşköy, Prov. Kütahya

Holzkohle von einer alten Ortsbrust untertage ergab ein ¹⁴C-Alter von 3700 ± 65 Jahren (HD 8845-8808), korrigiert etwa 2100 v. Chr., das die Befunde Demiroks (s. Anm. 38) bestätigt und frühbronzezeitliche Blei- und Silbergewinnung belegt.

TG 156 Tahtaköprü, Prov. Bursa
Das ^{14}C -Alter einer Holzkohlenprobe aus einem festgesinterten Versatz beträgt 1580 ± 35 Jahre (HD 8844-

8816), korrigiert 400-500 n. Chr. Damit ist zumindest spätantiker Abbau gesichert.

E. P., G. A. W.

*

Außer den türkischen Kollegen (s. S. 533) haben uns bei der Vorbereitung der Exkursion G. van der Kaaden, Hilversum, und H. Haude, BGR Hannover, wichtige Hinweise zu altem Bergbau und Schlackenvorkommen auf der Biga-Halbinsel gegeben. Für die Zeichnungen einiger Keramikfragmente und für anregende Diskussion danken wir M. Korfmann, Universität Tübingen, und Frau A. Kossatz, Universität Frankfurt. Die Bronzeproben sowie deren Zeichnungen wurden dankenswerterweise von Herrn H. Schickler und Herrn M. Schröder, Württembergisches Landesmuseum Stuttgart, aus der Sammlung der Arbeitsgemeinschaft für Metallurgie des Altertums zur Verfügung gestellt. Wir danken K. Goldmann, Museum für Vor- und Frühgeschichte, Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz, für die Genehmigung zur Veröffentlichung der trojanischen Objekte aus der Berliner Sammlung und für die Röntgenuntersuchung des Gefäßes Nr. 5975. Die C^{14} -Datierungen wurden von B. Kromer und Frau M. Münnich, Universität Heidelberg, durchgeführt. Für ihre Hilfe bei den Analysen der Artefakte danken wir Frau U. Schwan, bei den Schlackenanalysen W. Grieser, bei einigen Erzanalysen W. Bach, bei den Thermolumineszenzmessungen Frau R. Pelikan und A. Haidmann, bei der Manuskriptherstellung Frau H. Urmitzer (alle MPI Kernphysik, Heidelberg) und bei den Messungen der isotopischen Zusammensetzung des Bleies Frau C. Sudek und E. Werner (MPI Chemie, Mainz). Die Neutronenbestrahlungen wurden im Deutschen Krebsforschungszentrum durchgeführt.