

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

ARCHÄOMETALLURGISCHE UNTERSUCHUNGEN
IN NORD- UND OSTANATOLIEN *

1. Einleitung

Im vergangenen Jahr wurden an dieser Stelle¹ die ersten Ergebnisse eines interdisziplinären Forschungsprojekts vorgestellt, dessen Ziel es ist, experimentelle Evidenz für die Rolle Kleinasiens in der Entwicklung der Metallurgie zu finden. Für die Frage nach den Anfängen und der Ausbreitung der Metallverarbeitung hat dieser Raum eine besondere Stellung inne, da einige der frühesten Metallfunde – fast ausschließlich Kupfer – in Anatolien gemacht wurden²⁻⁴. Die gewählte Methode besteht aus einem Vergleich ausgewählter, auf dem Weg vom Erz zum Endprodukt erhalten oder zumindest erkennbar bleibender geochemischer Charakteristika in prähistorischen Metallartefakten und Erzlagerstätten, deren Ausbeutung in prähistorischer Zeit bekannt ist oder vermutet werden kann. Dem Ansatz liegt die Vorstellung zugrunde, daß die erste Verwendung von Metallen und die Entstehung und Entwicklung der Metalltechnologie am ehesten dort zu suchen ist, wo auch die nötigen Erze vorkommen, und daß weiterhin Rohmetall und Metallartefakte aus solchen Räumen vornehmlich regionalen Ursprungs sind.

Neben der Bestimmung von Spurenelementen und deren Häufigkeitsverhältnissen wurde dabei besonderes Gewicht auf die isotopische Zusammensetzung des im Erzen und Artefakten in stark variabler Konzentration vorkommenden Bleis gelegt, denn für die Isotopenverhältnisse gilt mit Sicherheit die Voraussetzung, daß sie bei allen mit der Aufbereitung der Erze, der Verbreitung des Rohmetalls und auch der eventuellen späteren Korrosion verbundenen Prozessen unverändert bleiben.

Das Ergebnis der ersten Messungen war überraschend. Von 58 Kupfer- und Bronzeartefakten aus Troja, der Troas und dem Raum von Balikesir kann höchstens die Hälfte – von den in Troja selbst gefundenen gar nur ein Drittel – aus isotopisch bekannten Erzlagerstätten Westanatoliens oder des ägäischen Raums stammen. Stos-Gale et al.⁵ kommen aufgrund ihrer Bleianalysen von 20 trojanischen Artefakten – die allerdings mit einer Ausnahme nur eine Auswahl aus den von uns gemessenen sind – zum gleichen Schluß. Sie definieren – nach unserer Meinung sehr willkürlich und auch unnötig – fünf isotopische Felder und finden einmal, daß »Troy obtained copper from a surprisingly large number of different sources« und weiter, daß es für die Proben aus einem dieser Felder »no known possible sources in Anatolia or Bulgaria« gibt.

Ein caveat scheint hier geboten. Westanatolien und der ägäische Raum sind bei den Erzanalysen zwar gut vertreten, und es gibt keinen Grund zu vermuten, daß hier noch Bleierze gefunden werden können, die

* T. C. Seeliger [T. C. S.], G. A. Wagner [G. A. W.], E. Pernicka [E. P.]: 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 Fakültesi, İstanbul Üniversitesi. – I. Baranyi [I. B.]: Landesammlung für Naturkunde, Karlsruhe.

¹ E. Pernicka, T. C. Seeliger, G. A. Wagner, F. Begemann, S. Schmitt-Strecker, C. Eibner, Ö. Öztunali u. I. Baranyi, Archäometallurgische Untersuchungen in Nordwestanatolien. Jahrb. RGZM 31, 1984, 533-599.

² H. Çambel u. R. J. Braidwood, Çayönü Tepesi, Schritte zu neuen Lebensweisen. In: Beiträge zur Altertumskunde Kleinasiens. Festschr. K. Bittel (Hrsg. R. M. Boehmer u. H. Hauptmann; 1983) 157.

³ J. Mellaart, Çatal Hüyük. A Neolithic Town in Anatolia (London 1967).

⁴ T. A. Wertime, Man's First Encounters with Metallurgy. Science 146, 1964, 1257-1267.

⁵ Z. Stos-Gale, N. H. Gale u. G. R. Gilmore, Early Bronze Age Trojan Metal Sources and Anatolians in the Cyclades. Oxford Journal Arch. 3/3, 1984, 23-43.

das bisherige Bild wesentlich ändern. Zentral- und Ostanatolien aber sind bisher kaum untersucht; das gilt auch und insbesondere für die ausgedehnten Erzvorkommen von Keban und Ergani Maden, von denen insbesondere das letztere als bedeutend für die Entwicklung der metallurgischen Technologie diskutiert worden ist⁶⁻¹⁰. Zum anderen wurden bisher fast ausschließlich Bleierze auf ihre isotopische Zusammensetzung untersucht, nicht aber Bleispuren in Kupfererzen. Da in vielen Fällen der außerordentlich geringe Bleigehalt der meisten Kupfer- und Bronzeartefakte aber dagegen spricht, daß Blei absichtlich zugesetzt worden ist, sind für die Herkunftsbestimmung der Artefakte gar nicht so sehr die Isotopenverhältnisse der Bleierze, sondern die der Kupfererze relevant.

Im Sommer 1984 wurde daher innerhalb dieses Projektes der ostanatolische Raum auf frühe Kupfergewinnungsplätze prospektiert, wobei vor allem Keban und Ergani Maden berücksichtigt wurden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im folgenden beschrieben. Das Hauptgewicht liegt dabei auf der Feldforschung (Abschnitt 2). Blei-isotopische und chemische Analysen sind – soweit fertiggestellt – ebenfalls aufgeführt (Abschnitt 4). Insgesamt wurden mehrere hundert Gesteins- und Schlackenproben gesammelt. Die analytische Bearbeitung dieses Materials ist noch im Gange. Aus diesem Grund bleiben im vorliegenden Bericht die Analysenergebnisse an Metallartefakten von Norsuntepe, Arslantepe und anderen prähistorischen Fundplätzen und ihr Vergleich mit den Erzen ausgespart. Sie sollen nach Abschluß der Erzanalysen zusammen mit diesen im kommenden Jahr an gleicher Stelle veröffentlicht werden.

Wir sind uns bewußt, daß auch mit Einbeziehung des ostanatolischen Raumes das Datengerüst beim jetzigen Forschungsstand noch lückenhaft ist. Um zu gesicherten Zuordnungen zu kommen, müssen die Kupferrohstoffquellen in einer Großregion möglichst vollständig erfaßt werden. Dieses Ziel soll für den anatolischen Raum in den nächsten beiden Jahren erreicht werden. Aus diesen Gründen ist die vorliegende Arbeit als Zwischenbericht des derzeitigen Forschungsstandes unseres Projekts zu sehen.

Die Geländearbeiten wurden in großzügiger Weise, die sowohl wissenschaftliche als auch logistische Aspekte betrifft, von den zuständigen türkischen Behörden MTA und Etibank unterstützt. Dafür danken wir Herrn Sitki Sancar, Generaldirektor des Maden Tektik ve Arama Enstitüsü und Herrn Muammer Öcal, Generalmanager der Etibank. Weiterhin sind wir Herrn Dr. Yilmaz Altun und Herrn Metin Çan, MTA Ankara, Herrn Toros Özbek, MTA Kızılcahamam, Herrn Bünyamin Akbaş, MTA Yapraklı, Herrn Cemal Başsu, Etibank Küre, Herrn İhsan Karaman, MTA Gümüşhane, Herrn Nuri Öztunç, Herrn Mehmet Sabri Dirim und Niyazi Koçak, Etibank Keban, Herrn Azmi Ayhan, Herrn Hamdi Turan, Etibank Ergani Maden, für die Hilfe und Mitarbeit im Gelände dankbar.

Das Projekt wird aus Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Max-Planck-Gesellschaft unterstützt. Zusätzlich wurde der Geländeaufenthalt aus Mitteln der Landessammlung für Naturkunde (Karlsruhe) gefördert.

2. Ergebnisse der archäometallurgischen Felduntersuchungen

In diesem Abschnitt werden die von Juli bis September 1984 aufgesuchten Bergbau- und Verhüttungsplätze in der Reihenfolge ihrer TG-Nummern vorgestellt. Die Stellen TG 159 bis TG 185 sind in Abb. 1

⁶ S. E. Birgi, Notes on the Influence of the Ergani Copper Mine on the Development of the Metal Industry in the Ancient Near East. *Jahrb. Kleinasiatische Forsch.* 1, 1950, 337-343.

⁷ J. D. Muhly, Copper and Tin. *Archon Books* 43 (Hamden Connecticut/USA 1973) 199f.; 206f.

⁸ K. A. Yener, The Production, Exchange and Utilization of Silver and Lead Metals in Ancient Anatolia. *Anatolica* 10, 1983, 1-15.

⁹ H. Hauptmann, Die Entwicklung der frühbronzezeitlichen Siedlung auf dem Norsuntepe in Ostanatolien. *Arch. Korrb.* 6, 1976, 9-20. – Ders., Kalkolitik çağdan ilk tunç çağının bitimine kadar Norsuntepe'de yerleşmenin gelişimi. VIII. Türk Tarih Kongres, Ankara 1979, 55-63. – Ders., Die Grabungen auf dem Norsuntepe 1974. Keban Project 1974-1975 activities, (Ankara 1982) 58ff.

¹⁰ R. F. Tylecote, Early Metallurgy in the Near East. *Metals and Materials* 4, 1970, 285-293.

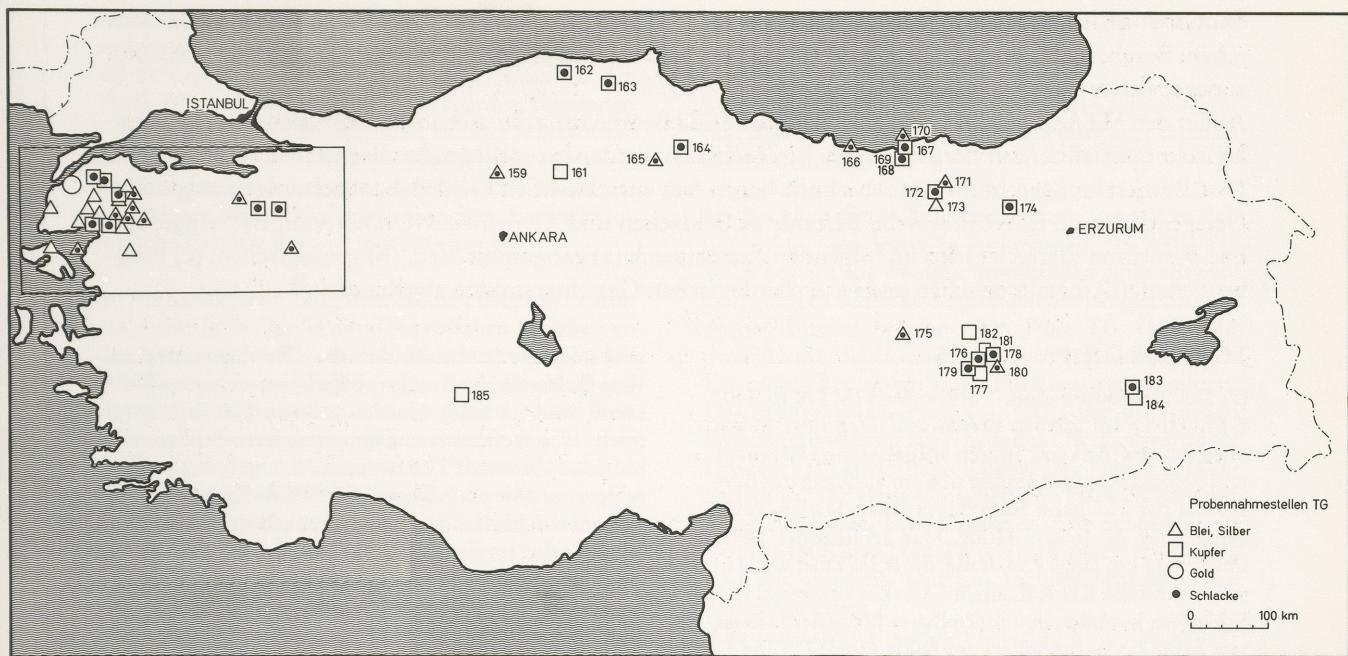


Abb. 1 1984 aufgesuchte Metallvorkommen in der Türkei (TG 159 bis TG 185). Der Kartenausschnitt zeigt das 1983 untersuchte Gebiet (s. Anm. 11).

dargestellt¹¹. Als Informationsquellen zum Auffinden der einzelnen Plätze wurden vor allem der Bericht von Ryan¹², die MTA-Berichte über Blei-, Kupfer und Zinklagerstätten¹³ und über Arsen-, Quecksilber-, Antimon- und Goldlagerstätten¹⁴ benutzt, wobei Hinweisen auf Kupfererze, alte Bergbauspuren und Schlackenvorkommen besonderes Augenmerk geschenkt wurde. Für Plätze, die in diesen MTA-Katalogen aufgeführt sind, ist die entsprechende MTA-Lokalitätsnummer ebenfalls angegeben. Der Katalog von de Jesus¹⁵ ist wenig hilfreich, da er im wesentlichen nur die MTA-Information ungeprüft übernimmt. Bei der Benutzung der MTA-Berichte ist zu beachten, daß erstens nicht alle bekannten Metallvorkommen aufgeführt sind, zweitens vorhandene Reste alten Bergbaus und alter Verhüttung nicht immer erwähnt werden, drittens der Hinweis auf »old workings« die Zeitspanne von der Prähistorie bis zum Beginn unseres Jahrhunderts bedeuten kann und viertens die unter Blei/Zink aufgeführten Vorkommen in früheren Phasen durchaus auf Kupfer – und umgekehrt – abgebaut worden sein können. Aus diesem Grunde muß die Erkundung früher Kupfergewinnungsplätze mehr als das Aufsuchen bekannter Kupfervorkommen umfassen und auch mittelbaren Hinweisen nachgehen. Dieser Abschnitt enthält daher außer Kupfer auch einige Vorkommen anderer Metalle.

Noch weniger hilfreich für Geländeuntersuchungen ist die Zusammenstellung von Forbes¹⁶ über alten Bergbau, da sie häufig auf einer nicht unumstrittenen Interpretation antiker Texte beruht und außerdem viele Fehler enthält. So spricht er z. B. von den »famous silver mines of Arghana Maden«¹⁷, womit offensichtlich das heutige Ergani Maden gemeint ist, das eine bekannte Kupferlagerstätte darstellt und nur

¹¹ Der Punkt TG 160 wurde in Abb. 1 nicht dargestellt, da es sich um einen Eisenverhüttungsplatz handelt. Zu Abb. 1 vgl. auch Pernicka u. a. [Anm. 1] 536 Abb. 1.

¹² C. W. Ryan, *A Guide to the Known Minerals of Turkey*. MTA-Publ. (Ankara 1960).

¹³ Lead, Copper and Zinc Deposits of Turkey. MTA-Publ. 133 (Ankara 1972).

¹⁴ Arsenic, Mercury, Antimony and Gold Deposits of Turkey. MTA-Publ. 129 (Ankara 1970).

¹⁵ P. S. de Jesus, *The Development of Prehistoric Mining and Metallurgy in Anatolia*. Brit. Arch. Reports, Internat. Ser. 74 (1980) 63–81.

¹⁶ R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technology IX* (Leiden 1972) 10–17.

¹⁷ R. J. Forbes, *Studies in Ancient Technolog VII* (Leiden 1966) 134.

Spuren von Silber enthält. Der zuverlässigste Autor der älteren Literatur über antiken und prähistorischen Bergbau, Davies¹⁸, macht vor allem Angaben über Westanatolien und erwähnt nur beiläufig andere, weiter östlich liegende Lagerstätten.

Außer den MTA-Berichten wurde bei der Suche und Bearbeitung der archäometallurgischen Stellen geologische Spezialliteratur herangezogen. Einige Stellen werden im vorliegenden Bericht erstmals erwähnt. Den Beschreibungen in diesem Abschnitt liegen fast ausschließlich Geländebeobachtungen zugrunde. Gelegentlich sind mikroskopische Befunde an Schlacken und TL- sowie ¹⁴C-Datierungen¹⁹ eingefügt. Die besuchten Plätze werden im folgenden einzeln nach (a) geographischen, (b) geologischen, (c) bergbaulichen, (d) metallurgischen und (e) archäologischen Gesichtspunkten abgehandelt²⁰.

TG 159 Işık Dağ, Prov. Ankara

(a) Das Blei-Silber-Zink-Vorkommen (MTA 133:40/2-Pb-Zn-1) am 2015 m hohen Işık Dağ liegt 80 km nördlich von Ankara. Spuren aufgelassenen Bergbaus und Schlackenhalden finden sich am Südhang des Berges auf der Hochalm Salin Yayla (auch Maden Yayla genannt) in ca. 1600 m Höhe. Man erreicht die Yayla über eine 8 km lange Erdstraße, die beim Dorf Catalan von der Straße Kızılıçahamam – Çerkeş abzweigt. Die Schlacken kommen in unmittelbarer Nähe der Häuser von Salin Yayla, besonders am Bakla Dere (TG 159A) vor, z. T. sind die Häuser auf Schlacken errichtet. Die Bergbauüberreste mit aufgelassenen Gruben und Halden liegen am Maden Boğazı (TG 159B) ca. 300 m nördlich und nordwestlich von Salin Yayla.

(b) Das Erzvorkommen ist an eine Sedimentfolge von Kalksteinen, Schiefern und Quarziten der mittleren und oberen Kreide gebunden. Die Abfolge weist eine antiklinale Struktur auf, deren Umrahmung tertiäre Vulkanite bilden (s. Anm. 13). Die Vererzung zeigt sich linsen- und z. T. nesterförmig. Vorherrschend sind Arsenkies, Pyrit und Zinkblende, untergeordnet Bleiglanz, Baryt, Boulangerit und Jamesonit. Auch wird von hier das Mineral Yenerit²¹, ein Pb-Sb-Sulfosalz beschrieben. Der Arsenkies weist Goldgehalte von 18 bis 20 g/t auf (s. Anm. 13). E-W streichende Störungen sind vererzt. Nur der obere Teil der Lagerstätte im Eisernen Hut ist abbauwürdig.

(c) Die Bergbauspuren am Westhang des Maden Boğazı erstrecken sich über mehrere ha. Sie bestehen aus einem ca. 60 x 150 m großen, N-S gerichteten, unruhigen Gelände, in dem mehrere Tagebaupingen (die größte: 30 m Durchmesser, 18 m Tiefe) und an der Basis ein verstürzter Schacht auf 1605 m NN angetroffen wurde. Da aus diesem Wasser austritt, handelt es sich um den Erbstollen (oder einen Basisschurf) aus

neuester Zeit (er bringt von der Oberkante weg ca. 40 m Geländehöhe ein). Im südlich benachbarten Wasserriß sind im nach Norden offenen Gehänge zwei noch 10 m befahrbare, dann verstürzte Stollen mit höheren Zimmern (1,8 m hoch; 1,2 m breit) aufgeschlossen. Sie unterfahren (in WSW-Richtung) ein südlich anschließendes, nur undeutlich sichtbares Pinggelande. In einem der Stollen finden sich Reste eines Steigbaumes mit ausgehackten Trittstufen. Ähnliche Leitern sind auch in der Yayla als Scheunenzügänge verbaute.

Die Gruben erschließen nur die Oxidationszone des Blei-Silber-(Gold)-Vorkommens. Sie wurden z. T. um die letzte Jahrhundertwende angelegt. Das Alter des Tagebautrichters ist nicht bekannt. Eine 30 m lange Höhle am Küçük Bakır Tepe, 2 km östlich von Eldelek, erwies sich als Karsterscheinung. Abbauspuren und Vererzungen wurden dort nicht beobachtet.

(d) Das Schlackenvorkommen von Salin Yayla erstreckt sich über mehrere hundert Meter entlang des Bakla Dere. Unter der Grasnarbe befindet sich eine bis 0,5 m mächtige Schlackenschicht, die am südlichen Erosionshang des Baches gut aufgeschlossen ist (Taf. 68,1). Die Schlackenmenge wird auf 5000 bis 10000 t geschätzt. Die Schlackenfragmente sind meist faustgroß, z. T. plattig ausgebildet. Häufig finden sich in den Schlacken metallische Bleieinschlüsse, die Münzgröße erreichen können. Die Schlacken sind dunkelgrau und besitzen oft einen grünen Verwitterungsanflug, der auf geringen Kupfergehalt zurückzuführen ist. Häufig findet sich plattige Arsenspieze. Holzkohle kommt als Schlackeneinschluß und als mehrere cm große Brocken zwischen den Schlacken vor. Die für die ¹⁴C-Datierung verwendete Kohle wurde in einem Schurf knapp über der Sohle des Schlackenvorkommens am Südhang des Bakla Dere entnommen. Die bisher vorliegenden Analysen (s. Anm. 13) und die

¹⁸ O. Davies, Bronze Age Mining Round the Aegean. Nature 130, 1932, 985-987.

¹⁹ Die konventionellen (nicht korrigierten) ¹⁴C-Alter sind in Jahren vor 1950 angegeben. Für die Altersrechnung wurde die konventionelle ¹⁴C-Halbwertzeit (5568 a) zugrundegelegt. Für die Alterskorrekturen wurden die Kurven von M. Stuiver, Radiocarbon 24, 1982, 1-26 und von G. Pear-

son, J. Pilcher u. M. Baillie, Radiocarbon 25, 1983, 179-186 verwendet.

²⁰ Für die Geländepläne gelten die Signaturen von Abb. 17 u. 19.

²¹ O. Bayramgil, Mineralogische Untersuchungen der Erzlägerstätte von Işıkdağ (Türkei). SMPM 25, 1949, 23-113.

beobachteten metallischen Einschlüsse lassen auf Bleiverhüttung schließen. Die Yayla ist im Norden z. T. auf Schlacken errichtet. Knapp 200m nördlich der Yayla liegt an einem alten nach Norden führenden Fahrweg, ca. 35m über Talgrund, an einer vegetationsarmen, versumpften Stelle des Hochplateaus ein dünner Schlackenschleier mit ca. 0,5t Schlacke, bei denen die größten Stücke Nußgröße erreichen. Eine archäologische Evidenz dazu ist nicht vorhanden.

(e) Archäologische Zeugnisse aus dem Bergbau existieren nicht. In der Yayla mit den typischen Holzbauten der Almhäuser sind im Steinfundament zwei zylindrische Säulenreste mit ringförmigem Torusabschluß und ein großer Mühlstein mit einem Durchmesser von 87cm verbaut. Sie stammen aus einer in südöstlicher Richtung liegenden Ruinenstätte (TG 159C). Auf dem Schlackenplatz wurden hellenistische bis kaiserzeitliche Keramikreste beobachtet (Abb. 2, 1-3). In der Umgebung der Ruinenstätte wurden Ziegelplattenverkleidungen vom Architrav eines Tempels (Abb. 3) (archaisch beeinflußt) und zahlreiche Silexabschläge gesehen. Die Siedlung wird wohl in phrygischer Zeit aufgebaut worden sein; die jüngsten gesichteten Scherbenreste sind eher byzantinisch (Abb. 2, 9-12). Als Ruinenstätte (TG 159D) wurde noch in einem Seitenental des Kömürlük Dere, in der Gegend des Taşpinar, eine Stelle gezeigt, von der die Säulenstümpfe aus der Yayla stammen sollen. Ein Mauerkomplex 40 x 40m, bis 30m über dem Talgrund, zeigt reichlich Mörtelspuren. Der Keramikbruch lässt Tonröhren von Wasserleitungsrohren und hochmittelalterliche Zapfenrosetten (einer Stuckdecke?) erkennen (Abb. 2, 4-8). Bei den Keramikresten handelt es sich um römische bis hochmittelalterliche Ware. Ein unmittelbarer Zusammenhang mit dem Bergbau besteht nicht. Ein ¹⁴C-Datum für die Schlackenhalde TG 159A weist auf byzantinische Aktivität hin (HD 9480-9276): 1160 ± 40 B.P. Das entspricht einem korrigierten Alter von 880 n.Chr., respektive der Zeitspanne von 780-980 n. Chr. Die ältere Keramik ist somit umgelagert.

TG 160 Yapraklı, Prov. Çankırı

(a) Der Ort Yapraklı liegt ca. 20km nordöstlich von Çankırı. Im bewaldeten Gebirge kommen an mehreren Stellen Eisenschlacken vor: am Papazin Kası Tepe auf 1840m NN (TG 160A), am Ovacık Yayla Dere auf 1600m NN (TG 160B), bei Dipyurt am Dönbekar Dere auf 1600m NN (TG 160C), am Ak Gedikin Kaş Arta Yere auf 1610m NN (TG 160D), bei Kavak Yayla Kapaklı Kaş auf 1670m NN (TG 160E) und auf 1590m NN (TG 160F). Die Anfahrt erfolgt auf Forstwegen über das Dorf Yukarıöz.

(b) In metamorphisierten Serpentiniten und Radiolariten des Ophiolithkomplexes dieser Region sind an einigen Stellen kleine Chromitvererzungen anzutreffen. Die Eisen- und Mangangehalte in den Radiolarit-

ten waren wahrscheinlich die Erzbasis für die lokale Erzgewinnung.

(c) Bergbauspuren wurden an keiner Stelle beobachtet und sind auch in diesem Gebiet nördlich von Yapraklı nicht bekannt.

(d) Bei allen diesen Schlackenplätzen handelt es sich um kleine, unbedeutende Vorkommen. Die Stelle TG 160A besteht aus wenigen Streufunden einer schwarzen, glasigen Schlacke, zusammen mit einigen hämatitischen Eisenerzbrocken. Am Platz TG 160B sind zwei kleine Schlackenhaufen (ca. 2t) mit glasigen Eisenschlacken durch einen Forstweg angeschnitten. Das größte Vorkommen (ca. 500t) mit kopfgroßen Schlacken und einer gut erhaltenen Ofensau wurde bei Dipyurt (TG 160C) aufgefunden. Der Platz TG 160D enthält ca. 50t glasige, magnetische Fließschlacke mit eingeschlossenen Eisenkügelchen. Die Schlackenhalde TG 160E und TG 160F (einige hundert t) bestehen teils aus porösen, teils aus dichten Schlacken mit Eisenkügelchen.

Alle aufgezählten Vorkommen sind Eisenfließschlacken, die von Eisengewinnung im kleinen Umfang wahrscheinlich aus dem letzten Jahrhundert stammen. Als Rohstoff sind die lokal im Ophiolithgürtel vorkommenden Eisenerze verwendet worden.

(e) Da es sich sicher um sehr junge Verhüttungsspuren handelt, liegen keine archäologischen Zeugnisse vor.

TG 161 Yakadere, Prov. Çankırı

(a) Das Kupfervorkommen (MTA 133: 41/2-Cu-3) beim Dorf Yakadere (alter Name Urvay) liegt 15km nördlich von Çankırı. Man erreicht es über eine von der Straße Çankırı-Yapraklı nach Norden abzweigende, unbefestigte Straße. Einige hundert Meter südwestlich des Dorfes ist bei der Lokalität Coraklı (TG 161A) am Hangfuß ein Schurf über einer alten Grube angelegt. Ein Vorkommen von gediegenem Kupfer wurde 3km nördlich des Dorfes in der Schlucht des Tepeyurt Kiltençik Dere (TG 161B) auf 1300m NN aufgesucht. Im Talgrund des Kumcadere, dem östlichen Paralleltal des Yakadere, wurde auf 1120m NN ein Schlackenhaufen aufgefunden (TG 161C).

(b) Eine terrestrische Mergelserie führt eine schwache Kupfervererzung (TG 161A). Die dünnplattigen, gelblich weißen Mergel zeigen auf ihren Schichtflächen einen Überzug von Malachit und Azurit. Vereinzelt ist auch etwas Kupferkies und Bornit zu finden. Das Hangende dieser Mergelfolge bildet eine Konglomeratserie. Diese Serie unterlag einer raschen Abtragung und erneuten Sedimentation in ein abflußloses, terrestrisches Becken unter ariden Klimabedingungen. In den Konglomeraten ist es zu einer Anreicherung von gediegenem Kupfer gekommen (TG 161B). Neben gediegenem Kupfer findet man Cuprit und

TG 159

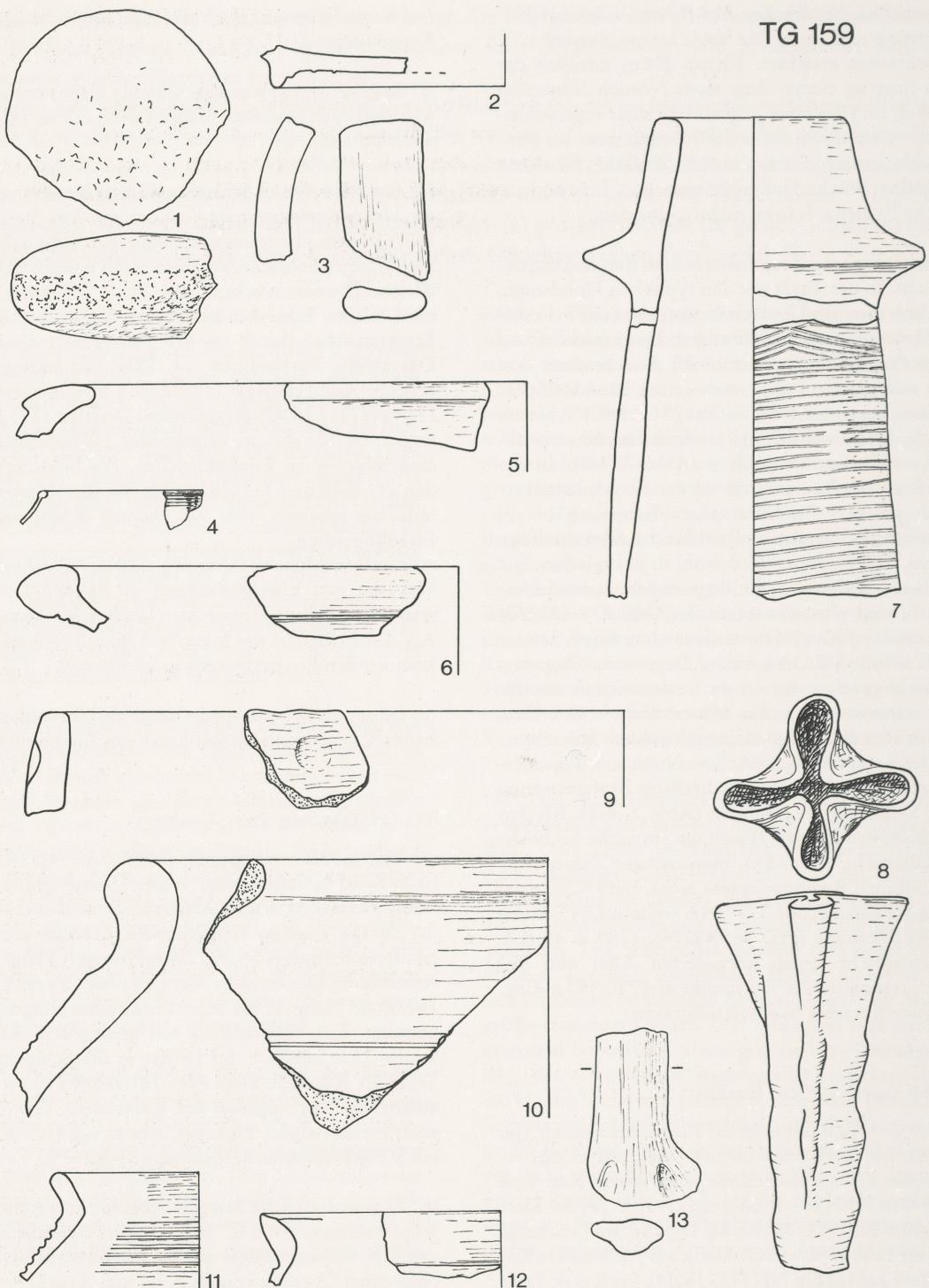


Abb. 2 Işık Dağ, Salin Yayla (TG 159A) im Bereich des Schlackenwurfs: 1 Klopfsteinbruchstück. – 2 Standring, brauner Ton. – 3 Bandhenkel, orange seifiger Ton; Fundstelle Taşpinar (TG 159D). – 4 Schalenrand, durchsichtiges Glas mit blauem Fadenrand und blauen horizontalen Streifen. – 5 Topfrand, hellorange; kaiserzeitlich(?). – 6 Schalenrand, rötlich; kaiserzeitlich(?). – 7 Röhrenbruchstück, rötlich, gut gebrannt, mittelalterlich. – 8 Aus mehreren Bruchstücken rekonstruierter Steckzapfen mit Rosette, rötlich, gut gebrannt, mittelalterlich; aus Ruinen (TG 159C) südöstlich der Salin Yayla. – 9 Rand mit Fingerdellen, handgemacht, grauer Ton mit lederbrauner polierter Oberfläche. – 10 Topfrand, Drehscheibenware, braungrau, phrygisch. – 11 Drehscheibenware, dunkelgrau, mit drehrauher Oberfläche. – M = 1:2.

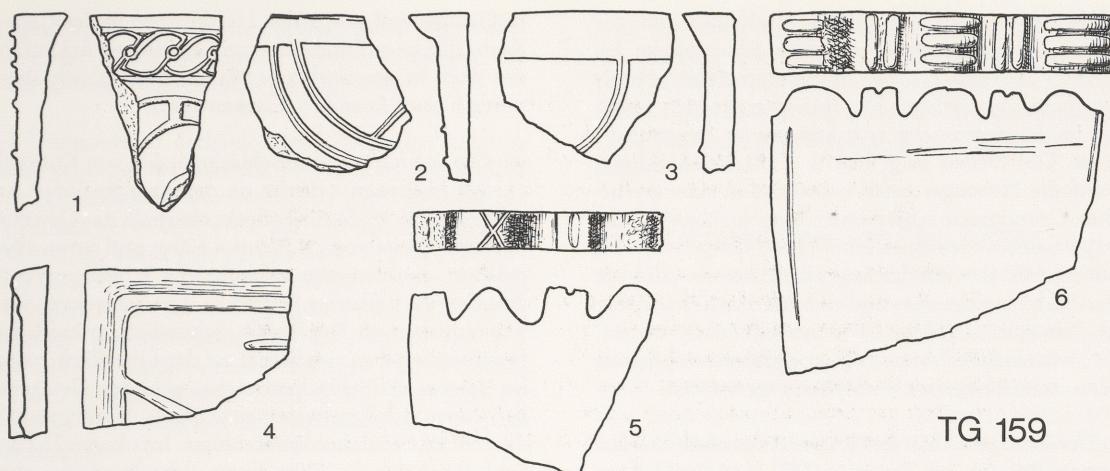


Abb. 3 Işık Dağ, Ruinen südöstlich der Salın Yayla (TG 159C). Terrakottaplatten einer Fassadenverkleidung; phrygisch. M = 1:10.

sekundäre Kupferminerale. Dieses Vorkommen vertritt den Typus einer »red bed«-Lagerstätte. Dieser Typus, der in Mittelanatolien häufig vorkommt, wird in einer der folgenden Exkursionen auf seine Relevanz in Bezug auf prähistorische Bergbautätigkeiten zu untersuchen sein.

(c) Bis auf den Schurf bei Coraklı (TG 161A) gibt es keine Anzeichen auf Bergbautätigkeiten. Nach Auskunft eines Dorfbewohners soll der Schurf über einer alten Grube liegen, die möglicherweise mit der von Ryan (s. Anm. 12) erwähnten identisch ist. Obwohl über das Alter dieser Grube nichts bekannt ist, muß hier mit altem Abbau auf gediegen Kupfer und oxidierte Kupfererze gerechnet werden. Am Bachhang des Kumcadere sind Spuren von alten Schürfarbeiten zu erkennen, die näher zu untersuchen sind.

(d) Abgesehen von einem Schlackengeröllfund im Schotter des Kiltençik Dere (TG 161B) ist nur das Schlackenvorkommen im Kumcadere (TG 161C) bekannt. Die Schlacken finden sich am erodierten Osthang bis 5 m über der Talsohle. Sie werden auf einige hundert kg geschätzt. Die bis zu faustgroßen Schlacken sind porös, glasig und magnetisch. Sie stammen wahrscheinlich – ähnlich wie bei den unter TG 160 beschriebenen Vorkommen – von einer unbedeutenden Eisenverhüttung aus jüngerer Zeit.

(e) Archäologische Reste liegen nicht vor. Das Dorf Yakadere liegt am Fuß eines siedlungsverdächtigen Hügels. Von dort stammt ein in Privatbesitz eines Dorfbewohners befindliches Messingkreuz orthodoxer Prägung.

²² M. Güner, Geology and Massive Sulfide Ores of the Küre area, the Pontic Ranges, Northern Turkey. MTA-Bull. Ankara 93-94, 1979-80, 19-61.

TG 162 Küre, Prov. Kastamonu

(a) Seit osmanischer Zeit, als der Ort Küre-i Nihas genannt wurde, ist das in den Pontiden gelegene Küre (MTA 133: 7/3-Cu-1) eine der bedeutendsten Kupferlagerstätten der Türkei. Der Bergbaudistrikt erstreckt sich von Küre nach Westen über den rostfarbenen, aufgewühlten Hang und den Berggrücken. Der heutige Abbau konzentriert sich auf den Tagebau Aşıköy (TG 162A; Taf. 68,2). Der gesamte Hang oberhalb des Ortes ist mit Spuren ehemaliger Bergbau- und Verhüttungstätigkeiten überdeckt. Bei Delikli (TG 162B) in 1030 m NN existiert noch ein aufgelassener Stollen. Von den zahllosen alten Tagesbrüchen und Schlackenvorkommen am Hang wurden die in der Nähe des Atatürk-Denkmales (Atatürk Figürü, TG 162C) in 1180 m NN, unterhalb des Sattels am Maden Servisi Yolu (TG 162D) in 1150 m NN und die riesige, 2,5 Millionen Tonnen umfassende Schlackenhalde am Ortsrand in 900 bis 1000 m NN aufgesucht.

(b) Küre ist die größte Kupferlagerstätte der westlichen Pontiden. Die Vererzung ist an eine Serie von Spiliten und Diabasen gebunden, die in jurassische Sedimente intrudiert sind (Anm. 13). Die Vererzung besteht aus einem »massive sulfide ore« und einem »disseminated ore«²². Das »massive sulfide ore« baut sich auf aus Pyrit als Hauptmineral und Kupferkies. Bornit, Covellin, Digenit, Zinkblende, Markasit, Tennantit und etwas Bleiglanz treten untergeordnet auf. Das »disseminated ore« ist wirtschaftlich nicht von Bedeutung und besteht hauptsächlich aus Pyrit. Schmeißer²³ erwähnt Küre als silberhaltiges Kupfererzvorkommen, was er aber nicht durch Analysen

²³ C. Schmeißer, Bodenschätze und Bergbau in Kleinasien. Zeitschr. f. prakt. Geologie 14, 1906, 186-192.

belegt. Die von uns bestimmten sulfidischen und oxidischen Erzkonzentrate erreichen Silbergehalte bis 12,8 g/t (TG 162B-1, s. Tab. 3) und sind somit nicht als silberreich anzusehen. Der Haupterzkörper findet sich im Bereich zweier sich kreuzender Störungssysteme. Der Diabas zeigt hier z. T. Brekzienbildung, wobei die Nebengesteinsbruchstücke in einer pyritischen Grundmasse schwimmen. Manche kupferreiche Erzpartien besitzen einen erhöhten Kobaltgehalt²⁴. Im südöstlichen Bereich der Lagerstätte hat eine Eiserne Hut-Bildung eingesetzt und zu einer Limonitisierung des Primärerzes geführt. Die synsedimentär-exhalativ²⁵ entstandene Vererzung ist durch nachfolgende tektonische Ereignisse stark überprägt worden.

(c) Der heutige Abbau des Kupfererzes wird von den Firmen Etibank im Tagebau (TG 162A) und Kara Deniz Bakır Isletme im Untertagebau betrieben. Südlich des 100 m tiefen Tagebaus erstellt die Etibank eine Aufbereitungsanlage. Der Abbau ist auf eine Million Tonnen pro Jahr geplant.

Auch die frühere Kupfergewinnung muß in Küre enorme Ausmaße erreicht haben. Sie scheint sich im wesentlichen auf den Abbau der Oxidationszone am Hang oberhalb Küre im Tagebaubetrieb beschränkt zu haben. Auf einer Fläche von ca. einem Quadratkilometer ist die gesamte Oberfläche durchwühlt und mehr oder weniger abgetragen worden. Der Hang ist von den Narben der Tagebaugruben, Erzhalde und Schlacken bedeckt, mit dem typischen Aussehen einer intensiven Bergaulandschaft (Taf. 69,1). Der Lokalname »Delikli« für diese Gegend bedeutet soviel wie »löcherig«.

Über den frühen Bergbau ist wenig bekannt²⁶. Vermutlich hatte er als wichtigster Kupferlieferant seinen Höhepunkt in osmanischer Zeit. Um die Ausdehnung und zeitliche Stellung des alten Bergbaus von Küre zu erkennen, muß das Gebiet eingehend bearbeitet werden. Der bei Delikli (TG 162B) aufgesuchte Stollen ist 2-3 m breit, 1-2 m hoch und nach 40 m zugemauert. Er wurde wahrscheinlich in neuerer Zeit angelegt. Oberhalb dieses Stollens ist z. B. eine Erosionsrinne im Diabas aufgeschlossen, in der an den Rändern zahlreiche hintereinandergelegene Abbautaschen – durch handgebohrte Sprenglöcher erwiesen – nachuntersucht worden sind. Diese Abbautaschen scheinen von Strecken aus entwickelt worden zu sein und gehören wohl in die osmanische Periode. Bei TG 162C fallen trich-

terförmige und gangartige Hohlformen in der Geländeoberfläche auf, die auf alten Tagebau zurückzuführen sind. In unmittelbarer Nähe befinden sich altertümlich erscheinende Schlackenwürfe.

(d) Die beeindruckende Schlackenhalde von Küre mit ca. 2,5 Millionen t dürfte zu den größten ihrer Art gehören (Taf. 69,2). Sie bedeckt oberhalb des Ortsrandes eine Fläche von ca. 200 m x 500 m und ist ca. 10 m mächtig. Es existieren verschiedene Schlackentypen, darunter auch plattige Schlacken. Die Schlackenbrocken erreichen oft Kopfgröße. Sekundäre, grüne Kupferminerale haben sich häufig auf den Oberflächen und im Inneren der Schlackenbrocken gebildet. Gelegentlich finden sich Kupfersteineinschlüsse. Häufig enthält die Schlacke Holzkohleeinschlüsse. Im oberen Teil der Schlackenhalde ist über einem schachtartigen, verschütteten Mundloch in den Schlacken (!) deutlich eine Schichtung zu erkennen: eine ältere, verfestigte, bräunlich angewitterte Schlacke (hier Probennahme 162 E) und eine jüngere, lockere Schicht mit großen Schlackenbrocken.

Die große Schlackenhalde ist aber nicht das einzige Vorkommen in Küre. Schlackenhalde treten an vielen Stellen des Hanges auf, wie z. B. bei TG 162C und D. In den verfestigten, hangabwärts fallenden Schichten wechseln lageweise dichte, schwere Schlacken mit porösen Lagen. Grüne Kupfersekundärminerale und Kupfersteineinschlüsse werden in den Schlacken häufig beobachtet. Bei TG 162C wurde Holzkohle aus der Asche einer Ofensäuberung für ¹⁴C-Datierung beprobt. Unterhalb des Sattels (TG 162D) wurde rotgelbes, magnetisches Röstgut beobachtet (Taf. 70,1); aus dem Röstgut wurde ebenfalls Holzkohle zur ¹⁴C-Datierung entnommen. Hier sind Pyrit/Kupferkies-Erze geröstet worden. Man hat den Eindruck von hangabwärts geräumten Röstbetten, deren feurige rote und gelbe Farben des Röstguts schon an der Oberfläche deutlich sichtbar waren. Der auf 1160 m NN nachgewiesene Standort eines Ofenbereichs, erkenntlich an der wieder zusammengesinterten, abgeflossenen Schlacke, liegt ergonomisch richtig unterhalb der Röstanlage. Die Stelle war zwar durch einen neu geschobenen und verbreiterten Weg beeinträchtigt. Ohne diese Störung wäre sie aber nicht erkennbar gewesen.

Inwieweit und ab wann in Küre neben dem Eisernen Hut sulfidische Erze verwendet worden sind, ist im

²⁴ T. A. Omer, Major Copper Metallogenic Units and Genetic Igneous Complexes of Turkey. In: European Copper Deposits (Belgrad 1980) 199-208.

²⁵ Ö.O. Dora, Die Entwicklung der Kenntnisse über die Genese schichtgebundener Lagerstätten in der Türkei. Schriften GDMB 33, 1979, 159-178.

²⁶ Die Angaben zur neueren Bergbaugeschichte wurden uns aus einem internen Bericht der Etibank bekannt gemacht. Als Quellen für diesen Bericht wurden Asloğlu (1919), Kosti (1921) und v. Nikitin (1925) genannt. Danach seien

die Bronzekanonen in Rumeli hisarı, die Mehmet II. zur Eroberung von Byzanz benutzt hat, mit »Kürre-i Nihas« gekennzeichnet (vgl. Anm. 21). Im Jahr 1845 hätte Haci Podos siebzehn Öfen erbaut und Schlacken wieder eingeschmolzen. Der rezenten Abbau habe 1909 eingesetzt und sei von der Laurion/Balya-Gesellschaft betrieben worden. Für 1914 werden drei Stollen (bis 450 m lang), zwei Schächte und ein Stollen in den Schlacken erwähnt. v. Nikitin (1925) berichtet von 2,37 Millionen t Schlacke und einer Eisernen Hut-Bildung auf der Schlackenhalde.

Augenblick noch eine offene Frage. Jedenfalls muß in Küre mit Kupfergewinnung gerechnet werden, die auch in vorosmanische Zeit zurückreicht.

(e) Unmittelbare archäologische Zeugnisse konnten nicht geborgen werden. Zu prüfen wäre, ob ähnlich dem griechischen Wort »skouri«, das hier lokal für Schlacken verwendet wird, auch in »Küre« (vgl. auch TG 163) ein von Zypern abgeleitetes Kupferwort vorliegt. Das ^{14}C -Datum (HD 9481-9277) 800 ± 35 B.P., korrigiert 1230-1260 n. Chr. (inkl. Fehler 1210-1280), bestätigt hochmittelalterliche Aktivitäten, die nur noch in den Randzonen des heutigen Betriebs erfaßt werden können. Birgi (s. Anm. 6) hält Kupfergewinnung in Küre während der chalkolithischen Periode für möglich.

TG 163 Hocavakif Cozoğlu Mahallesi,
Prov. Kastamonu

(a) Das Kupfervorkommen (MTA 133:8/3-Cu-1) beim Ortsteil Cozoğlu des Dorfes Hocavakif erreicht man von der Straße Taşköprü-Gökçeağac nördlich abzweigend nach 7km. Am östlichen Talhang des Küre Çay liegt Cozoğlu. Über dem Dorf liegen hangparallel zwischen 840m und 860m NN zahlreiche ineinander übergehende Schlackenhalden (TG 163B). Oberhalb der Schlacken sind ein Tagebau, ein Prospektionsstollen und mehrere verfüllte Schachtmundlöcher (TG 163A) erhalten.

(b) Ein Komplex kristalliner Schiefer ist von Diabas- und Dioritgängen durchzogen. Quarzbänder von 2 bis 10cm Breite zeigen z. T. eine Brekziierung. Das tektonisch stark beanspruchte Nebengestein ist auf Kluft- und Störungsfächen und in den verquarzten Bereichen vererzt. Die Erzminerale sind Kupferkies, Pyrit, Bornit, untergeordnet Malachit und Azurit.

(c) Die Bergbauspuren oberhalb des östlichen Flügels des Schlackenvorkommens umfassen eine kurze Prospektionsstrecke von 2 x 2m Querschnitt, einen kleinen, steinbruchartig angelegten Tagebau und einige verschüttete Schachtmundlöcher mit Halden. Der aufgelassene Bergbau stammt aus neuerer Zeit. Reste alten Bergbaus wurden nicht beobachtet.

(d) Insgesamt wurden ca. 50 Schlackenhaufen gezählt mit typisch 10 x 10m Fläche und bis zu 2m Mächtigkeit mit 1000 bis 2000t Inhalt. Häufig treten plattige Fließschlacken auf. Ausblühungen sekundärer Kupferminerale sind häufig. Gelegentlich führen die Schlacken Kupfersteineinschlüsse. Oft ist Holzkohle in den Halden zu finden. Die Gesamtmenge von 50 000 bis 100 000t Schlacken bezeugt eine bedeutende Kupfergewinnung an dieser Stelle, vermutlich aus osmanischer Zeit.

(e) Archäologische Zeugnisse wurden keine beobachtet. Die sehr sauberen Holzbauten der kleinen Ansied-

lung von Hocavakif scharen sich um ein älteres Grab (das auf 1231 n.d. Hedschra = 1710 n. Chr. datiert ist). Dort befinden sich auch neuere Gräber, die an Stelle der Steinsäulen an den Enden z. T. mit bunten Bändern geschmückte, einfach geschnittene Holzbretter aufweisen.

TG 164 Derealan/ Bakır Çay, Prov. Amasya

(a) Beim Kupfervorkommen (MTA 133:25/4-Cu-1) im Tavşan Dağı nördlich von Merzifon kommen im Tal des Bakır Çay mehrere Stellen mit Spuren alter Kupferverhüttung vor. Man erreicht den nach Nordosten entwässernden Bakır Çay von Merzifon über eine Schotterstraße bis zu einem Sattel (1550m NN) auf der Wasserscheide des Gebirges, von wo eine Erdstraße Richtung Derealan zum Bakır Çay abzweigt. Alter Bergbau wurde im Talgrund bei der Lokalität Inkaya (TG 164B) auf 1080m NN beobachtet. Von mehreren Schlackenvorkommen im Talgrund wurde das von Madenköy (TG 164A) auf 1200m NN aufgesucht. Weitere Schlacken wurden auf der linken Talflanke bei Çalman Yaylası Kurt Yurdu (TG 164C) auf 1600m NN und bei Mercanlar Yan Tarla İki Yol Arası (TG 164D) gefunden.

(b) Am Kontakt von Andesiten und Granodioriten zu kretazischen Sedimenten hat sich eine Skarnzone mit granatführendem Skarnfels und Quarz-Epidotfels ausgebildet. Am Kontakt finden sich linsenförmige Vererzungen mit Magnetit, Kupferkies, Malachit, Azurit und Limonit. Der Andesit ist tektonisch überprägt. Hier sind bis zu 4cm breite Quarzgängchen zu beobachten, die schwach bleiglanzführend sind. Auf den Kluffflächen des Vulkanits haben sich Pyrit und Kupferkies ausgeschieden. Diese zweite, jüngere Vererzung ist auf hydrothermale Einflüsse im Zusammenhang mit der Entstehung eines Störungssystems zurückzuführen.

(c) Bergbaureste wurden bei Inkaya (TG 164B) beobachtet. In einem noch betriebenen Kleintagebau sind fünf kurze Kriechstrecken (Taf. 70,2; s. auch Abb. 4) angeschnitten. Sie waren versetzt. Die Ortsbrüste weisen sekundäre Kupferminerale als Verfärbungsspuren auf. Insgesamt sind auf ca. 7m Höhe und 6m Breite, 4m lange, annähernd horizontal in den Berg führende, z. T. breit abgebaute Kriechstollen aufgefahrene, deren Breite 60cm – mit einer Höhe von 80cm – kaum übersteigt. Die Strecken sind in einem stark verwitterten Granathornfels, der Malachit, Bornit und Azurit führt, angelegt. Auf Grund der unregelmäßigen Streckenquerschnitte ist prähistorischer Abbau wahrscheinlich.

(d) Im Zwickel zwischen dem Bakır Çay und einem nördlichen Seitental liegt die 3000t enthaltende Schlackenhalde Madenköy (TG 164A). Die Schlackenfragmente erreichen Größen zwischen 5cm und 20cm und besitzen an der Oberfläche häufig grüne

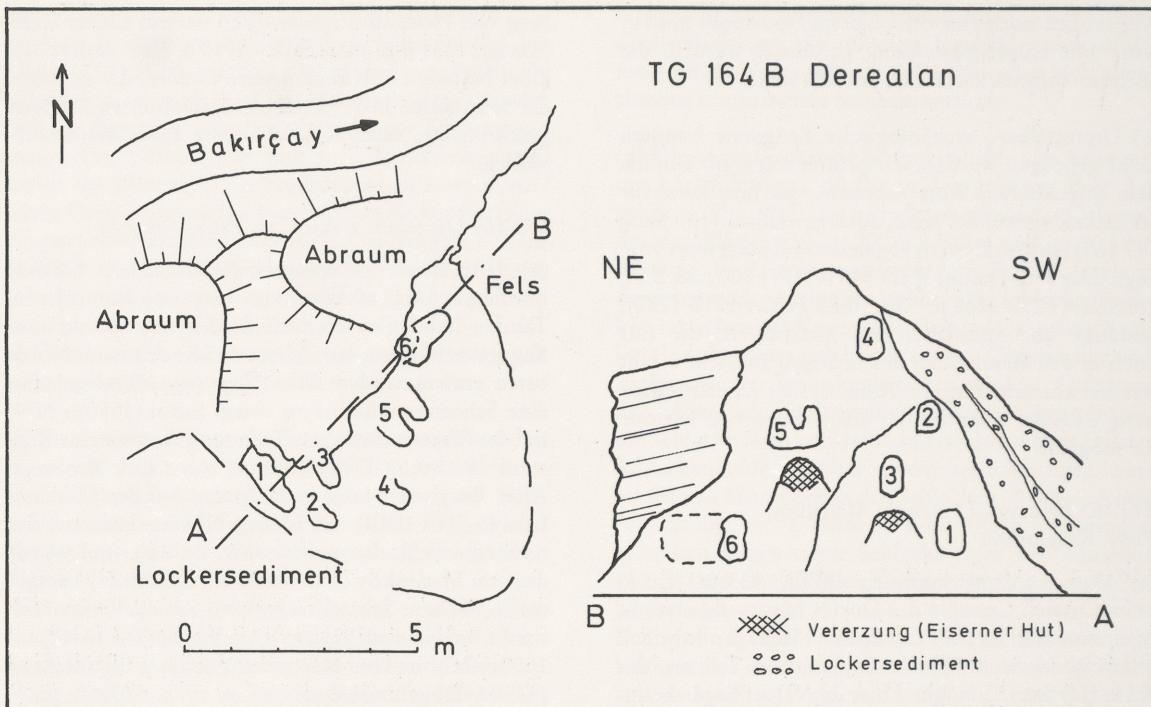


Abb. 4 Derealan (TG 164B), Grundriss und Profilskizze der Kriechstrecken in der Oxidationszone.

und weiße Ausblühungen. Ein Schurf in der Halde ergab Funde von gebranntem Ofenlehm (zur TL-Datierung beprobt) und von Holzkohle (zur ^{14}C -Datierung beprobt). Im Talgrund oberhalb von Madenköy wurden zwei weitere Schlackenhalden ähnlicher Größe beobachtet. Der Schlackenplatz TG 164C enthält 50t einer stückigen, schweren Schlacke mit Ausblühungen sekundärer Kupferminerale und mit Holzkohleinschlüssen. Die Halde ist von einer Bodenbildung überdeckt. Bei Mercanlar (TG 164D) treten dagegen nur Streufunde von einigen 10t von Kupferschlacke zusammen mit Keramikscherben auf.

(e) Unter den auf 1600m NN (TG 164D) liegenden Keramikfragmenten (Abb. 5) und der Streuschlacke befinden sich auch einige Düsenbruchstücke aus gelblichem Ton. Die helle, scharf gebrannte, aber drehrauh belassene Ware ist wohl hellenistisch. Streuscherben der Schlackenhügel TG 164C wurden von de Jesus²⁷ als hethitisch eingestuft, haben aber teilweise hellenistischen Charakter. Bei TG 164A lagen nur moderne Keramikfragmente, da der Platz später eingeebnet

wurde und offensichtlich für eine Schäferhütte genutzt worden ist. Jedoch belegt das ^{14}C -Alter für diesen Verhüttungsplatz die römische Kaiserzeit: HD 9482-9282 = 1830 ± 50 B.P., was entweder 130-170 n. Chr. oder 200-210 n. Chr. (inkl. Fehler 80-240 n. Chr.) entspricht. Eine archäologische Eingrenzung, ob die Aktivität eher dem 2. oder dem 3. Jahrhundert zuzurechnen ist, ist wohl nicht zu geben. Das an der Ofenkeramik (K432) aus demselben Schlackenplatz gemessene TL-Quarzeinschlusalter ergab 40 n. Chr. ± 150 a²⁸. Demnach ist das 3. Jahrhundert auszuschließen.

TG 165 Gümüş, Prov. Amasya

(a) Das Dorf Gümüş liegt am Fuße des Gebirges Inegöl Dağı, das sich westlich der Ebene von Merzifon erhebt. Auf dem südlichen Gebirgsrücken erstreckt sich über eine Fläche von mehreren Quadratkilometern ein ausgedehnter Blei-Silber-Bergbaudistrikt (MTA 133: 25/4-Pb-Ag-1) (Abb. 6). In der Literatur wird dieser Distrikt oft auch nach der nahe Gümüş

²⁷ P. S. de Jesus, A survey of some ancient mines and smelting sites in Turkey. *Archäologie u. Naturwissenschaften* 2 (1981) 94-105.

²⁸ Für die Thermolumineszenzdatierungen wurden in situ die Gammadosisleistungen bestimmt. Die interne Dosisleistung wurde aus der Neutronenaktivierungsanalyse von

Uran und Thorium und durch Atomabsorptionsspektralanalyse von Kalium errechnet. Als Feuchtigkeit wurde $0,75 \pm 0,25$ der Sättigung eingesetzt. Der angegebene Fehler ist der gesamte 1σ -Fehler nach M. Aitken, *Archaeometry* 18, 1976, 223-238.

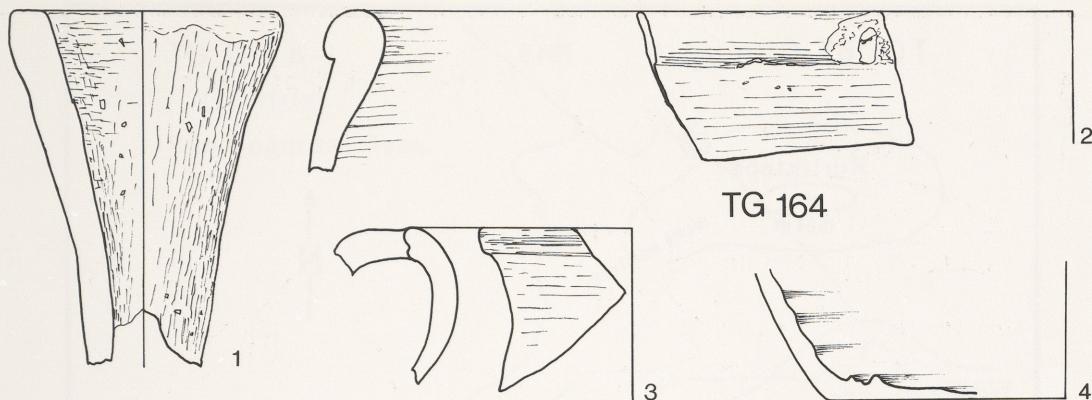


Abb. 5 Derealan (TG 164D): 1 Düse, graubraun. – 2 Rand, rötlich. – 3 Krugrand, grau. – 4 Boden, scharf gebrannt, rötlich.
M = 1:2.

gelegenen Stadt Gümüşhacıköy bezeichnet. Von den aufgelassenen Aktivitäten zeugen viele alte Gruben im Gebirge westlich von Gümüş. Man erreicht das Gebiet am besten über Kelahmetler, von dort zu Fuß nach Kuş Mağarası Tepe Kazangil (TG 165A und E) auf ca. 1200 m NN, Çökük I Grube (TG 165C) auf 1590 m NN und TG 165F auf 1400 m NN. An diesen Stellen und in ihrer Umgebung wurden Hunderte von alten Grubeneingängen beobachtet. Streufunde von Schlacken gibt es auf dem Karliktepe (TG 165C). Ein weiterer Schlackenplatz im Gebirge findet sich bei Fındıklı Yayla Göleceoğlu Pınar (TG 165D) 100 m nördlich der Quelle. Im Dorf Gümüş liegt eine große Schlackenhalde (TG 165G) von ca. 200 000 t Inhalt.

(b) An der Grenze von Kalksteinen der Unterkreide und hornsteinführenden Kalkschiefern ist es zur Ausbildung einer Blei-Silber-Vererzung gekommen. Stratigraphisch wird folgende Einteilung vorgenommen (s. Anm. 13): Gebankte Kalksteine, Sandsteine und Konglomerate des Eozän überlagern diskordant oberkretazische Tonschiefer, Kalkschiefer mit Hornsteineinlagen, Rudistenkalke und eine Serie von gut gebankten Kalken. Im Liegenden folgen diskordant Radiolarite und Diabase der Unterkreide oder des Jura (?). Diese Serien werden diskordant von Serpentiniten unterlagert.

Die Bergkuppen dieser Region bauen sich aus massigem Kalkstein auf. Die Mächtigkeit der einzelnen Kalksteinkomplexe liegt zwischen 20 m und 40 m. Den z. T. stark verkieselten Tonschiefern sind Kalksteinlinsen eingelagert. Am Kontakt Kalkstein zu Tonschiefer zeigt der Tonschiefer mitunter eine Mikrobrekziierung. Tertiäre andesitische und dioritische Vulkanite bilden zahlreiche Geländekuppen. Die Kalkstein- und Tonschieferserien werden von einem N-S streichenden Störungssystem durchzogen. Vererzt sind die Bereiche am Kontakt Tonschiefer/ Kalkstein und entlang des Störungssystems die Partien im Kalkstein. Auch taschenförmige Vererzungen sind im Kalkstein

zu beobachten, wobei sich oft ein rhythmischer Aufbau des Erzes erkennen lässt. Spalten-, taschen- und kluftförmige Vererzungsscheinungen werden auf Karstbildung zurückgeführt. An Erzmineralen treten Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Cerussit, Galmei, Smithsonit, Eisen- und Manganoxide auf. Das Primärerz ist stark aufoxidiert. Der Bleiglanz von Gümüş ist sehr silberreich und erreicht einen Silbergehalt bis 4 %.

(c) Im Gebirge nördlich des Dorfes Kelahmetler liegen zwischen 1200 m NN und dem Gipfel des Karliktepe auf 1590 m NN zahllose alte Halden, Grubeneingänge und verschüttete Schachtmundlöcher, die der Landschaft eine unruhige Oberfläche geben (Taf. 71, 1). Während eines zweitägigen Geländeaufenthaltes konnten nur wenige offene Gruben am Westhang des Kuş Mağarası Tepe (TG 165A) begangen werden. Der Westhang dieses Berges wird von verkarstetem Kalkstein gebildet, der am Hangfuß von Schiefern abgelöst wird. Die Karstspalten und Hohlräume im Kalkstein sind mit Brauneisen verfüllt. Die Gruben setzen im Kalkstein nahe dem Schieferkontakt an und verfolgen die Karstfüllungen (Taf. 71, 2). In einem ca. ein Quadratkilometer großen Gebiet wurden die obertägigen Spuren teils kartiert, teils mit ähnlichen Spuren am Gegenhang mit dem Feldstecher verglichen. In diesem relativ kleinen Distrikt innerhalb des großen Areals lassen sich folgende Besonderheiten beobachten: von den 150 Gruben sind rund ein Drittel wenigstens teilweise offen oder wieder geöffnet (MTA-Nachuntersuchungen ?). Die von großen Karsterscheinungen ausgehenden, gangförmigen Kluftsystemen folgenden Abbaue sind im folgenden genauer beschrieben. Hangauwärts bis zur Kuppe auf 1440 m NN sind im gebankten Gestein oft nur kleine Mundlöcher, meist in Streichrichtung der Bänke, zu beobachten. Nach NE schließt sich ein Gebiet an, in dem hauptsächlich kleinere und größere Pingen auffallen, die ebenfalls den Eindruck machen, in parallelen Serien zu liegen. Neben den kleinen, eher rundlichen Mundlöchern gibt

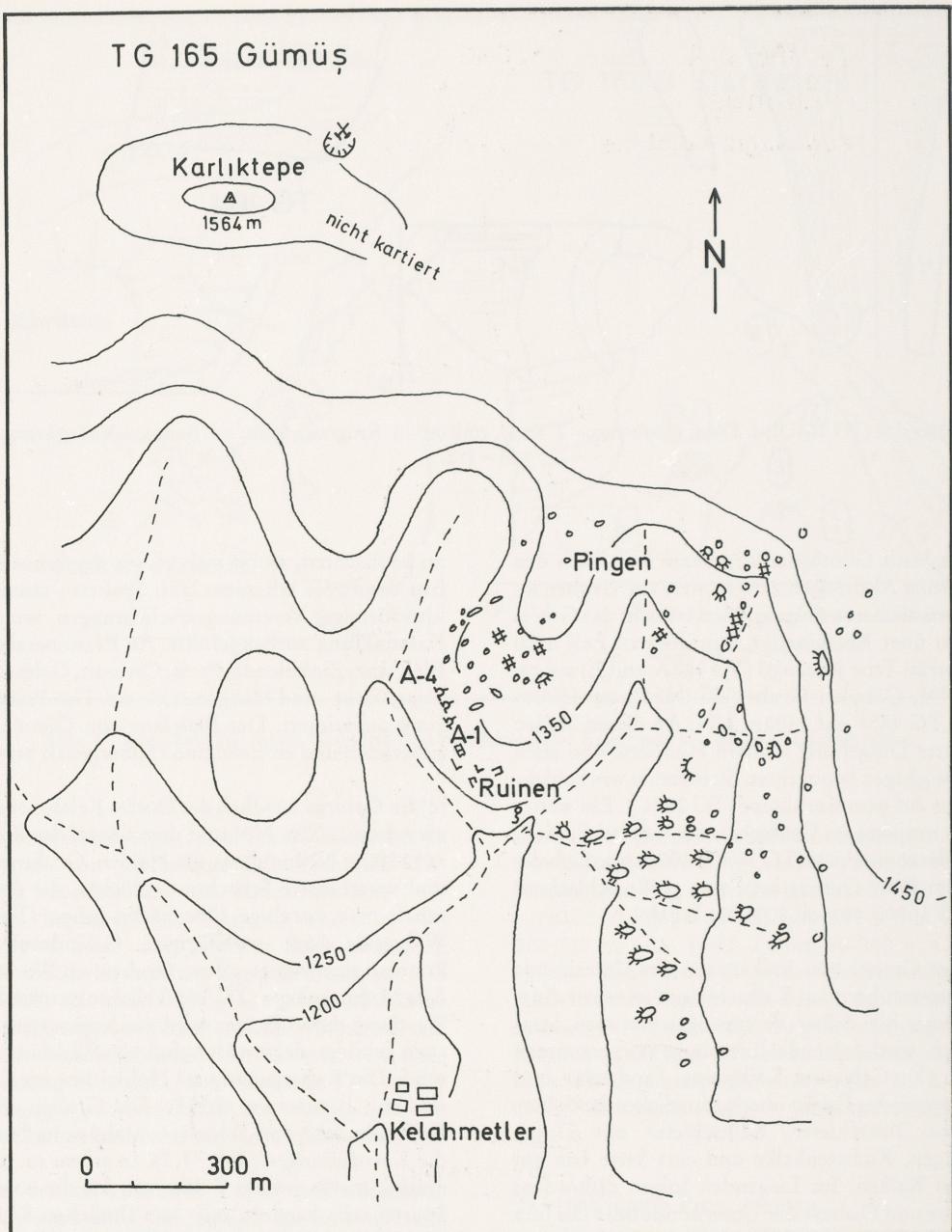


Abb. 6 Planskizze der alten Bergbauregion von Gümüs (TG 165).

es große (nachgebohrte ?) und später aufgewältigte, ovale Karsterscheinungen, oftmals von beträchtlicher Tiefe (5-7m) und Durchmessern um 4m bis 5m. Auch Zwischengrößen lassen sich finden. Auffallend sind annähernd rechtwinklig geschlagene Steilschächte, die wohl eine andere (antike ?) Abbauphase repräsentieren. Die vier besuchten Gruben sind bis 36m tief und unregelmäßig angelegt, wobei der Abbau auf Braunerz- und Roteisenfüllungen in den Karsttaschen gerichtet war. Aufgrund der unregelmäßigen Formen der Erzkörper sind neben Weitungen enge Kriechstrecken mit

unregelmäßigen Querschnitten zu beobachten (Taf. 72,1). Um das Erz an den Wänden der Karsthöhlräume zu gewinnen, sind Stufen gehauen und Arbeitsbühnen gesetzt worden (Taf. 72,2). Vorhandene, natürliche Spalten und Hohlräume sind vom Bergmann bei der Erschließung der Erzvorkommen weitgehend genutzt worden. Die Strecken sind z. T. verstürzt und enthalten mehr oder weniger verfestigten Versatz. Aus verfestigtem Versatz wurde in der Grube A-1 (Abb. 7), die von den Hirten wegen der brückenartigen Karstbildung am Eingang als Köprülü bezeichnet

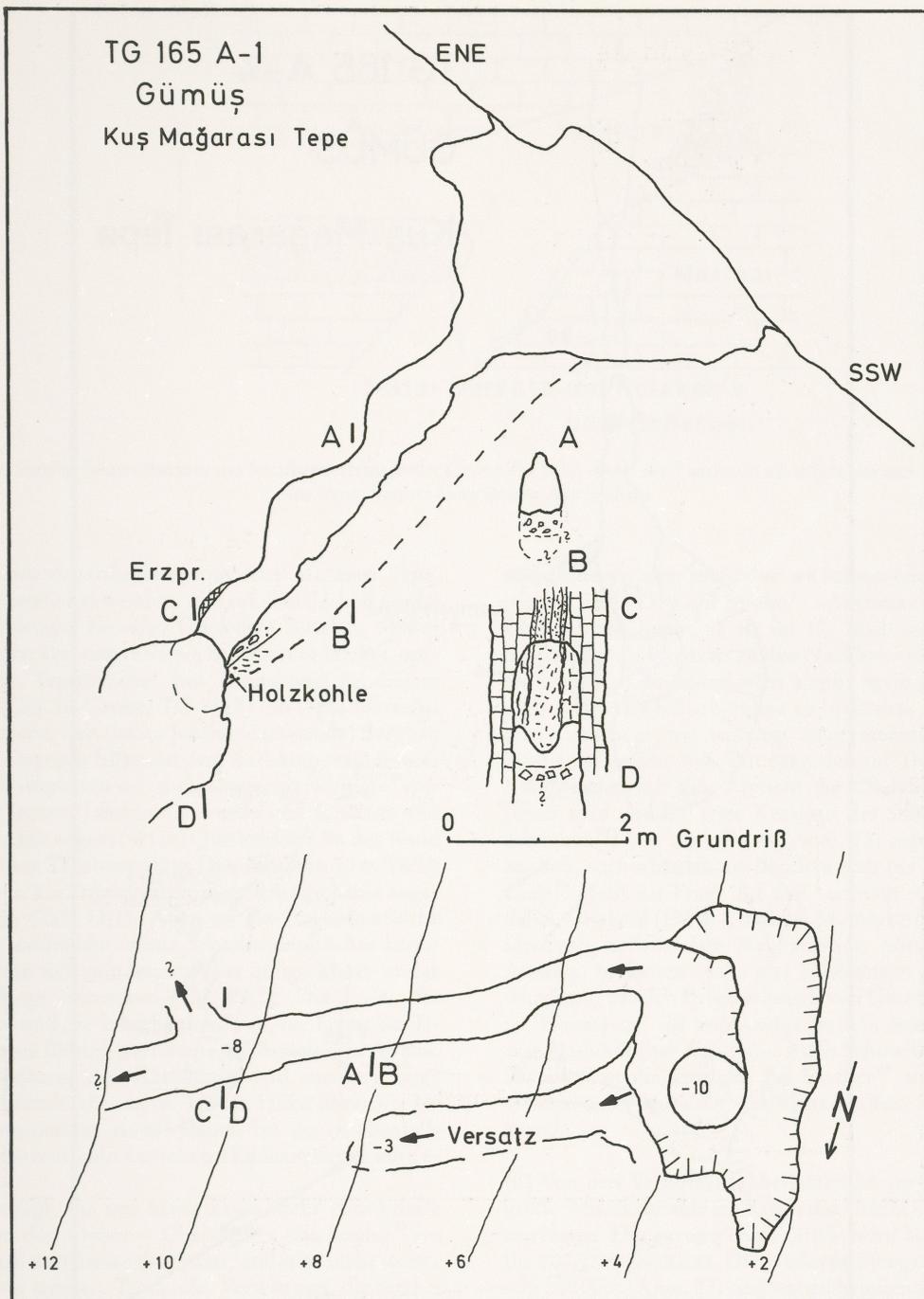


Abb. 7 Gümüş, Grundriß und Querschnitt der Grube (TG 165A-1). Das südliche Gesenk besitzt zwei Versatzhorizonte. In der unteren Lage wurde Holzkohle zur Datierung entnommen.

net wird, Holzkohle für ^{14}C -Datierung beprobt, deren Alter noch in das 3. Jahrtausend v. Chr. gehört (vgl. unten Kap. e). In Grube A-4 (Abb. 8), lokal als Yarilgan bekannt, wurden im festen Versatz ebenfalls Holzkohle für ^{14}C - und ein Keramikscherben für TL-Datierung gefunden (Abb. 9); das Datum ist jung (vgl.

unten Kap. e). Der Abbau der Grube A-4 umfaßt mindestens zwei Phasen, da der feste Versatz von einer jüngeren Strecke an der Sohle durchfahren wurde. Für die ältere Phase ist prähistorische Aktivität wahrscheinlich.

Andere Stellen innerhalb des ausgedehnten Bergbau-

TG 165 A-4

GÜMÜŞ

Kuş Mağarası Tepe

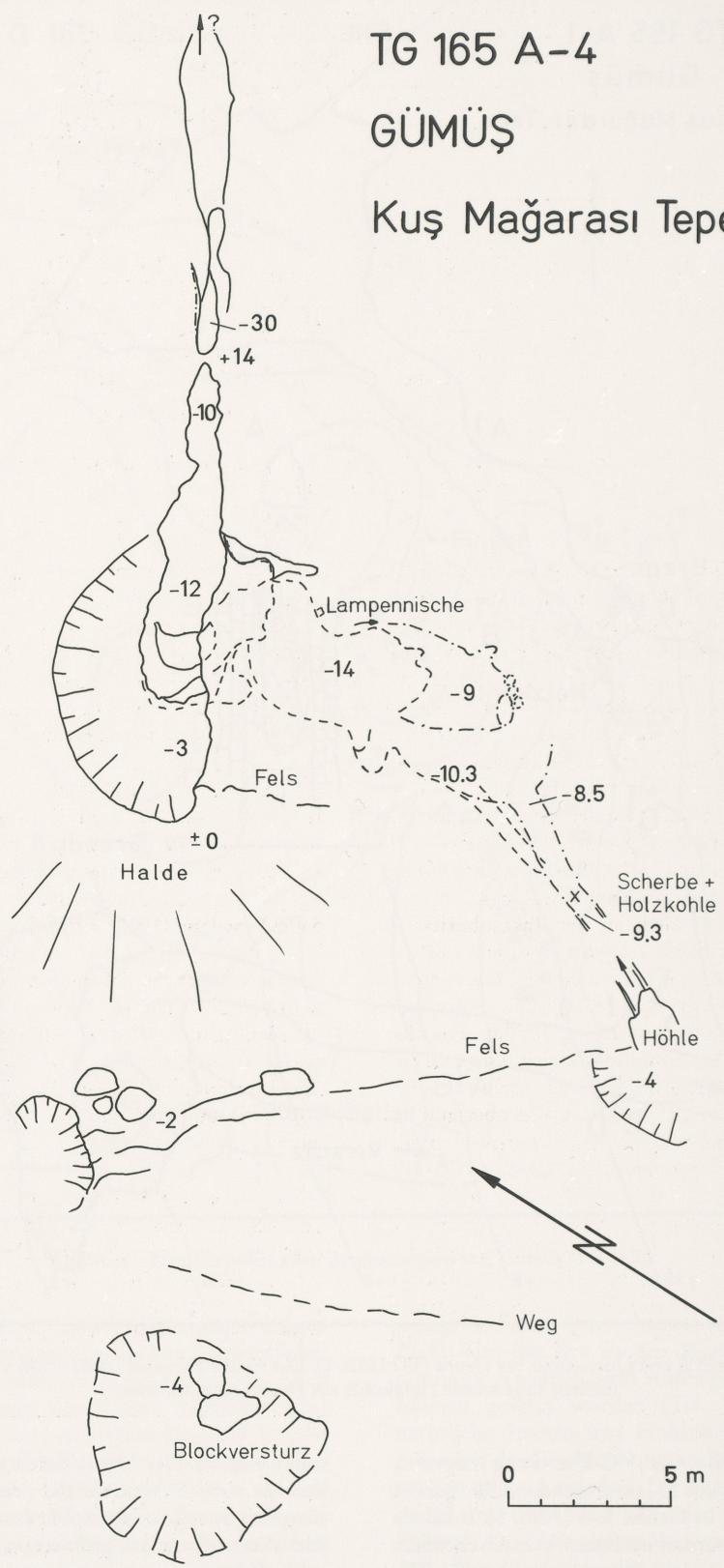


Abb. 8 Gümüş, Querschnitt der Grube TG 165A-4.

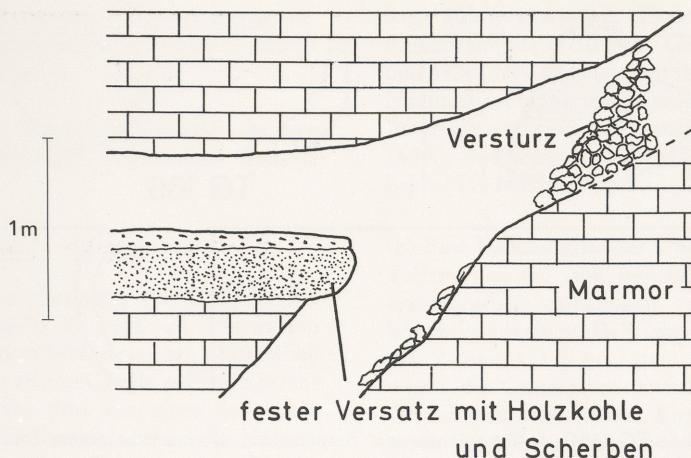


Abb. 9 Gümüş, Seigerrisskizze des Streckensystems in der Grube TG 165A-4 mit der Fundstelle einer Scherbe und Holzkohle im festen Versatz einer älteren Abbauphase.

bezirks wurden nördlich vom Kuş Mağarası Tepe, nämlich am Sattel westlich und auf dem flachen Gipfel des Karliktepe, besucht. Über dem Sattel in 1480 m NN erstrecken sich mehrere Stollenmundlöcher, aufgelassene Tagesbrüche und Erzhalde. In diesem Gebiet (Çökük-Grube; TG 165B) mit Gebäuderesten ist in neuerer Zeit (letzte Jahrhundertwende) Bergbau erfolgt. Dagegen fallen auf dem Karliktepe mindestens zwei Abbauphasen auf: mehrere trichterförmige Gruben der letzten Jahrhundertwende und Schächte und Gesenke mit engem (<1 m) Querschnitt. An der Wand des größten Tagebaus (40 m Durchmesser, 15 m Tiefe) ist u.a. ein korkenzieherförmiger Schrägschacht angeschnitten (Taf. 73,1). Auch an der Tagesoberfläche wurden zahlreiche offene Schachtmundlöcher beobachtet, die sich mindestens über einige Meter in das Kalkgebirge erstrecken (Taf. 73,2). Die Form der Schächte und die Scherbenfunde an der Tagesoberfläche belegen für den Karliktepe prähistorischen Abbau. Vom Südhang des Karliktepe sind mehrere enge Schachtmundlöcher in ca. 1400 m Höhe oberhalb des Schieferkontaktes zu erwähnen, bei denen ebenfalls Keramikstreu funde zwischen Haldenmaterial auftreten.

Das dormige, für uns heute kaum mehr entwirrbare Problem der Alyber – Chalyber –, das Strabo²⁹ im Anschluß an Homer diskutiert, soll hier nicht weiter behandelt werden. Trotz aller Verwirrung, die hierbei entstanden ist, scheint klar zu sein, daß die Alyber nach Hellanikos³⁰ im Bereich von Strabos Geburts-

stadt Amasya, oder zumindest am Schwarzen Meer, zu suchen sind. Obwohl Strabo³¹ »Amaseia« als seine Geburtsstadt nennt, ja sie im 12. Buch ausführlich beschreibt, die Grenzen zu den Nachbarregionen und erdkundliche Besonderheiten angibt, weiß er jedoch nichts über den Silberbergbau zu berichten. Andererseits versucht er, wie dargelegt, zu argumentieren, daß Homer in seinen Aufzählungen der auf Trojas Seite Kämpfenden mit den Alybern die Chalyber meint. Jenen wird nun die erste Kenntnis des Silbers zugeschrieben³², und auch Davis (Anm. 18) argumentiert ähnlich, sucht den frühen Bergbau aber bei Tirebolu. Cary³³ greift die Frage auf und vermutet – er zitiert dabei Gowland (1920) –, daß der See Alybe im Pontus identisch ist mit dem Stephane-See, nördlich von Amasya, in dessen Nähe alte Silberminen gefunden wurden. Über den Bergbaubezirk von Gümüş berichtet Naumann³⁴ als von »aufgelassenen Staatsgruben von Hadjikoi (bei Amasia)«. Auch Schmeißer (Anm. 23) erwähnt die Gruben. Bei Doelter³⁵ werden die Gruben unter dem Zitat von Naumann kurz angesprochen.

(d) Von den Verhüttungsüberresten ist vor allem die große Schlackenhalde am Rande des Dorfes Gümüş zu erwähnen. Die gegenwärtige Größe wird auf 150 000 bis 200 000 t geschätzt. Die größeren Mengenangaben von 500 000 t (Anm. 27) sind wahrscheinlich auf inzwischen erfolgten Abtransport für Wegebauzwecke zurückzuführen. Die Schlackenbrocken erreichen bis

²⁹ Strabo, Geographikon 12, 54 a.

³⁰ F. Jacoby, Die Fragmente der griechischen Historiker I (Berlin 1923) 141, Nr. 146.

³¹ Strabo Geographikon 12.3.15, 5.12.3.30, 5.12.3.39.

³² Homer, Ilias II 856.

³³ M. Cary, The Sources of Silver for the Greek World. In:

Mélanges Gustave Glotz I (Paris 1932) 136.

³⁴ E. Naumann, Vom goldenen Horn zu den Quellen des Euphrat (München u. Leipzig 1893).

³⁵ C. Doelter, Die Mineralschätze der Balkanländer und Kleinasiens (Stuttgart 1916).

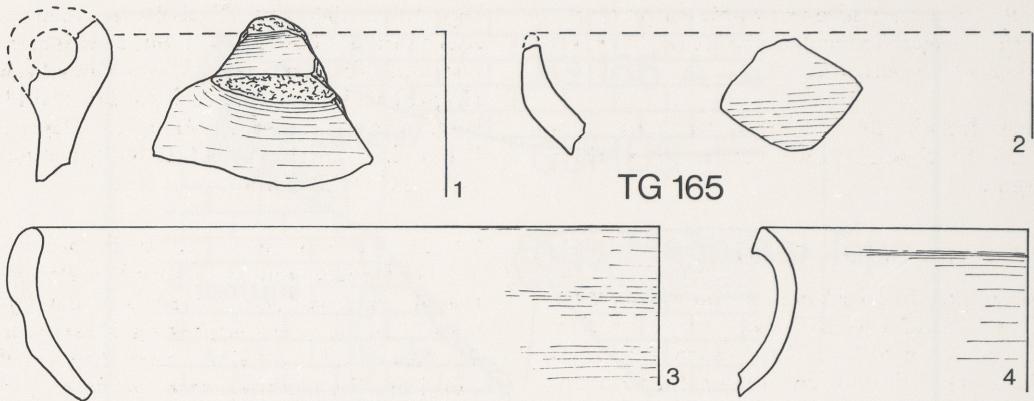


Abb. 10 Gümüş, Fundstelle TG 165C: 1 Wandscherbe mit Tunnelhenkel, absanderer grauer Ton. – 2 Schalenbruchstück, grau; Fundstelle Göleceoğu Pinar (TG 165D). – 3 Schalenbruchstück, rotbraun. – 4 Topfrand, rötlich. – M = 1:2.

30 cm Größe, sind spezifisch schwer und durch metallische Bleieinschlüsse (bis 2 cm Durchmesser) und Holzkohleeinschlüsse charakterisiert. Speisebrocken sind häufig. Die große Schlackenhalde von Gümüş ist auf rezente Blei/Silber-Gewinnung (letzte Jahrhundertwende) zurückzuführen. Das Erz wurde mit Maultieren aus dem Gebiet des Karliktepe angeliefert. Von kleinen Schlackenvorkommen im Gebirge selbst sind der Gipfel des Karliktepe und Fındıklı Yayla zu nennen. Die Streufunde auf dem Karliktepe treten zusammen mit Keramikscherben zwischen den erwähnten Gruben auf. Die vorhandene Schlackenmenge auf einer Fläche von 100 m² wurde auf einige hundert kg geschätzt. Intensives Absuchen des Geländes ergibt sicherlich weitere kleine Schlackenvorkommen. Ein solches wurde uns weiter westlich am Göleceoğu Pinar (Fındıklı Yayla) gezeigt. Auf einer Fläche von über hundert Quadratmetern wurden 80 t Schlacke und Ofen- sowie Gebäudereste beobachtet. Die nußgroßen, schweren Schlacken werden von Speise und Keramikscherben begleitet.

(e) Unterhalb von TG 165A finden sich Ruinenreste mit hellenistischer Keramikführung. Hierbei handelt es sich vermutlich um den alten Siedlungsbereich zum Bergbau. Die an der Stelle TG 165D (Karliktepe) gefundenen Scherben deuten bronzezeitlichen Bergbau an (Abb. 10,2-4). Ein Scherben von der Fundstelle TG 165C mutet ähnlich an (Abb. 10,1). Die Schlackenhalde in Gümüş selbst (TG 165G) weist keine älteren archäologischen Zeugnisse auf. Bestätigen das TL-Feinkornalter (440 n. Chr. ± 130 a; Anm. 28) an den Scherben K 433 A und K 433 B und das ¹⁴C-Datum (1020 ± 45 B.P., korrig. entspr. 1000 n. Chr., d. h. 980-1030 n. Chr.) an Holzkohle (HD 9484-9297) aus dem Versatz der Grube TG 165A-4 die jüngere Aufsuchtä-

tigkeit, so ist das aus dem unteren Versatz geborgene Material des Köprülü-Gesenks TG 165A-1 (HD 9483-9285) den Vermutungen gemäß ursprünglich prähistorischen Alters. Das Rohdatum (3820 ± 175 B.P.) kalibriert 2300-2180 v. Chr., ergibt nach Berücksichtigung der Fehler 2560-1980 v. Chr., was mit der Aktivität auch in TG 165D und F (Karliktepe) parallelisierbar ist.

TG 166 Piraziz, Prov. Ordu

(a) Das Blei-Silber-Vorkommen Piraziz liegt an der Schwarzmeerküste 30 km östlich Ordu. Direkt unterhalb der Küstenstraße bei Piraziz-Madenköy (TG 166A) existiert auf dem Strand ein Schacht mit Erzhalde. Landeinwärts, dem Talweg des Madendere 5 km folgend, finden sich an der Stelle Mağara (TG 166B) auf 65 m NN Schlackengerölle im Bach und am haselbuschbestandenen Hang eine Prospektionsstrecke.

(b) Bei dem Vorkommen handelt es sich um eine hydrothermale Blei-Silber-Vererzung in rhyolithischen Pyroklastiten³⁶ mit Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Pyrit und Antimon-Sulfosalzen. Die vererzten Gänge variieren zwischen 0,1 und 0,7 m Mächtigkeit.

(c) Der rezente Schacht (TG 166A) am Schwarzmeerstrand ist auf Blei/Silber-Abbau gerichtet. Beim Bau der Küstenstraße sollen in unmittelbarer Nähe einige ältere Stollen angeschnitten und wieder verschüttet worden sein. Weitere alte Blei/Silbergruben sollen 500 m südlich auf 45 m NN vorkommen. Eine kurze Prospektionsstrecke in Tuffen wurde am Hang des Madendere (TG 166B) beobachtet.

³⁶ V. Vujanović, The Basic Mineralogy, Paragenetic and Genetic Characteristics of the Sulfide Deposits Exposed in

the Eastern Black-Sea Coastal Region (Turkey). MTA-Bull. Ankara 82, 1974, 21-36.

(d) Im Bachbett des Madendere wurde ein gut gerundetes Schlackengeröll gefunden, über dessen Herkunft keine Aussage zu machen ist.

(e) Archäologische Beobachtungen wurden in dem dicht mit Haselnussplantagen bepflanzten Gelände nicht gemacht.

TG 167 Eseli Maden, Prov. Giresun

(a) Das Kupfer-Blei-Vorkommen von Eseli Maden (MTA 133: 28/2-Cu-Pb-7) liegt im Pontischen Gebirge auf 630 bis 680 m NN, einige km südwestlich Çanakçı. Man erreicht es von Görele auf der Küstenstraße über Çanakçı, von dort über einen Erdweg in Serpentinen steil den Westhang hinauf auf den Höhenrücken. Auf einer Verebnung jenseits des Rückens liegt Eseli. Die Landschaft um Eseli Maden weist die üppige Vegetation der Schwarzmeerküste auf.

(b) Die Vererzung ist in einer vulkano-sedimentären Folge der Oberkreide angelegt. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Kalke, Mergel und Tuffe. Unterlagernd stehen Dazite an. NW-SE streichende Störungen durchziehen das Vorkommen. An Erzmineralen sind Kupferkies, Zinkblende, Pyrit, Bleiglanz, Bornit, sekundäre Kupferminerale und Sulfosalze, zusammen mit selbständigen Selen- und Tellurmineralen, zu finden. Die Zufuhr der erzhaltigen Lösungen wird im Zusammenhang mit den vulkanischen Aktivitäten gesehen.

(c) Von der 1925 aufgelassenen, intensiven Bergbautätigkeit sind jetzt nur noch die verrutschten und überwachsenen Tagebaugruben oberhalb des Dorfes vorhanden. Hier sollen nach Ryan (Anm. 12) noch »fünf Stollen und Schrägschächte« zu sehen gewesen sein, die aber von uns nicht wieder aufgefunden wurden. Ryan spricht von einer genuesischen Abbauphase.

(d) Die gesamte Verebnung, auf der das Dorf Eseli liegt, wird von Schlacken überdeckt. Grundstücksmauern sind aus groben Schlackenbrocken errichtet. Die Mengenangabe von 25 000 t (Anm. 12) erscheint auch für die noch vorhandenen Schlacken realistisch. Ein weiteres Schlackenvorkommen von ca. 10 000 t wurde bei Karagöl Yani 150 m unterhalb des Höhenweges nach Eseli Maden gesichtet.

(e) Die älteste Phase mag mittelalterlich sein, z. T. stehen die Häuser direkt auf den Schlackenwürfen.

TG 168 Israil (Maden Mahalli), Prov. Giresun

(a) Die Kupfergrube Israil (MTA 133 : 28/2-Cu-2)

liegt 10 km südöstlich Tirebolu im subtropischen Regenwald des Pontischen Gebirges zwischen 240 m und 340 m NN. Man erreicht sie von Tirebolu über das Harşittal und Forstwege nach Maden Mahalli. Am Berghang sind ein großer, aufgelassener Tagebau (TG 168A), eine Schlackenhalde (TG 168B) und eine Erzhalde (TG 168C) sichtbar.

(b) Eine Vulkanitserie der Oberkreide, bestehend aus Tuffen, Daziten und pyroklastischen Brekzien, ist synsedimentär-vulkanogen vererzt³⁷. Ein Pyriterzkörper ist mit einer Mächtigkeit von 60 m erbohrt worden (Anm. 13). Der Dazit zeigt Brekzienbildung, wobei die Gesteinsbruchstücke in einer pyritischen Grundmasse schwimmen. Kupferkiesadern einer jüngeren Vererzungsphase begrenzen den Erzkörper. Hier wird der Pyrit von Kupferkies verdrängt. Der obere Teil des Vorkommens bildet einen Eisernen Hut. Neben Eisen- und Manganoxiden kommen hier Bornit und Baryt vor.

(c) Ca. 100 m nördlich der kleinen Ansiedlung Maden Mahalli erhebt sich eine steile, nach Süden einfallende Felswand. Entlang dieser Wand führt ein kleiner Pfad zu drei Stollenmundlöchern. Auch sind hier zahlreiche Tagebauspuren zu erkennen (TG 168A). Die Stollen folgen Zonen mit porösem Eisenerz. Die Mundlöcher überschreiten eine Höhe von einem Meter nicht. Die Strecken sind kurz, jedoch nach Innen weit ausgehauen. Dieser Abbau liegt im Eisernen Hut des Vorkommens. Die Felswand umrahmt einen großen Tagebau mit einem Durchmesser von ca. 50 m an der Sohle. Die große Erzhalde (TG 168C) unterhalb des Tagebaus führt das Pyriterz aus dem Primärbereich des Vorkommens. Nach Ryan (Anm. 12) wurde hier in der Zeit vor dem Ersten Weltkrieg von den Engländern Pyrit abgebaut. 1947 hat das MTA an dieser Stelle einen 250 m langen Stollen angelegt (s. Anm. 12).

(d) Unterhalb des Tagebaus liegt eine hangabwärts geschüttete Schlackenhalde mit ca. 150 000 t Inhalt. Die Schlacken sind dicht, schwer und erreichen Kopfgröße. Sie besitzen häufig Ausblühungen sekundärer Kupferminerale. Nach Ryan (Anm. 12) sollen diese »100 000 t« Kupferschlacke »genuesischen Alters« sein. Wahrscheinlich stammen sie aber aus jüngerer Zeit.

(e) Archäologische Zeugnisse wurden nicht beobachtet. Ähnlich dem Schlackenabstich hangabwärts in Küre befindet sich auf einem Schlackenpodium mit ca. 30 m Durchmesser eine 80 cm breite Schlackenabstichrinne, die aber auf jüngere Technik (18. Jahrhundert) schließen lässt.

³⁷ H. Akin u. M. T. Erden, Darstellung der Verteilung der Vererzung in der Buntmetallagerstätte Harşit-Köprübaşı. MTA-Bull. Ankara 89, 1977, 1-9.

TG 169 Seğizlik, Prov. Giresun

(a) Von den neun weiteren (Anm. 12) Kupfererzvorkommen in der unmittelbaren Umgebung von Israil (MTA 133:28/2-Cu-2) wurde aus Zeitgründen nur Seğizlik, wenige Kilometer nordöstlich von Israil, mit dem Schlackenhaufen Çam Suyu Hürşitin Evinin Yanı (TG 169A) in 220m NN und dem Erzvorkommen Yarmaden (TG 169B) aufgesucht.

(b) Bei Yarmaden ist eine ca. 10m hohe Wand mit einer Serie von Tuffen aufgeschlossen, die schwache Vererzungsspuren in Form von dünnen baryt- und bleiglanzführenden Lagen zeigt. Diese Vererzungerscheinung steht in Zusammenhang mit der Bildung des Vorkommens von Israil Maden (TG 168).

(c) Bergbauspuren wurden an beiden Plätzen nicht nachgewiesen. Wegen des feuchtwarmen Klimas und der üppigen Vegetation ist ohnehin in dieser Region mit schnellem Verfall der Gruben zu rechnen. Ryan (Anm. 12) berichtet von »genuesischem Abbau« bei Yeni Maden, gewölbten Stollen bei Ciritmeydan und Baliboz. Bei Bekirler und Kışla seien alte Stollen von den Engländern um die vergangene Jahrhundertwende wieder geöffnet worden. Es wäre dringend erforderlich, diesen Angaben nachzugehen und die eventuell noch vorhandenen Überreste aufzunehmen.

(d) Das kleine Schlackenvorkommen TG 169A erstreckt sich über 20 x 20m mit 0,2m Mächtigkeit und liegt rund 100m westnordwestlich der Brunnenfassung Çam Suyu im Bereich einer Haselnußplantage und ist stark verwachsen. Seine Menge wird auf 10t geschätzt. Die plattigen Schlacken besitzen Ausblühungen grüner Kupfersekundärminerale. Diese Kupferschlacken könnten auf prähistorische Verhüttung zurückzuführen sein. Der Typus der Schlacken erinnert an mitteleuropäische Kupferverhüttung. Ähnliche kleine Vorkommen sind in der Gegend zu vermuten.

(e) Archäologische Beobachtungen wurden nicht gemacht.

TG 170 Tirebolu, Prov. Giresun

(a) Die Kupfer- und Bleilagerstätte liegt 2km östlich der Stadt Tirebolu (Abb. 11) an der Mündung des Harşit in das Schwarze Meer. Die Blei-Zinkgrube (TG 170A-1) und die Kupfergrube (TG 170A-2) liegen am westlichen Brückenkopf der Küstenstraße. Nördlich der Brücke erhebt sich der vom Harşit umflossene Kentepe mit den Schlackenhalden (TG 170A-3 und A-4).

(b) Die Lagerstätte Harşit Köprübaşı wird als vulkano-sedimentäre Vererzung dazitischer Pyroklastika eines Vulkanschlotes angesehen (Anm. 36.37). Die erste Vererzung ist submarin postvulkanisch während der Diagenese entstanden. Die zweite Vererzung ist hydrothermal und stellt eine Stockwerkvererzung dar. An Erzmineralen kommen vor: Zinkblende, Pyrit, Bleiglanz, Kupferkies, Tetraedrit, Bornit, Realgar, sekundäre Kupferminerale, Cerussit und Limonit. Gangart sind Quarz, Baryt, Chalcedon und Opal³⁸. Die Lagerstätte befindet sich im Kreuzungsbereich mehrerer Störungslinien.

(c) In Tirebolu operieren zwei Bergbaufirmen, wobei die »Demir Export Kurşun Çinko« Blei/Zink und die »Ertaş« Kupfer abbaut. Häufig werden untertage alte Strecken angeschnitten, die aber wegen der Wassereinbruchgefahr sofort verschlossen werden. Die alten Strecken reichen bis -8m unter NN, der rezente Abbau dagegen bis -40m. Am Weganschnitt zwischen beiden Gruben sind einige kurze Strecken mit unregelmäßigem Querschnitt angetroffen worden (Taf. 74, 1). An ihrer Ortsbrust sind sekundäre Kupferminerale ausgeblüht. Das Alter dieses Kupferbergbaus ist nicht bekannt, könnte aber durchaus prähistorisch oder antik sein. Der Kentepe ist ein von zwei Armen des Harşit umflossener Berg, mit ca. 30m Höhe über der Talniederung. Am Südhang des Kentepe bis hinauf zum Gipfel lässt die wellige, trichterförmige Morphologie einen Tagebau auf alten Schachtbergbau vermuten; die ca. 50 gezählten Pingen mit elliptisch bis rundem Querschnitt lassen sich als Mundlochpingen von kurzen Schächten deuten. Am Fuß der Hügelnordseite befinden sich zwei Höhlen (Mağara), von denen verstürzte Kriechstrecken ausgehen.

(d) Schlackenhalden finden sich am Osthang (TG 170A-3) und Südhang (TG 170A-4) des Kentepe. Das Schlackenvorkommen A-3 umfasst ca. 10000t, das Material wird aufgrund seiner grünen Ausblühungen als Kupferschlacke gedeutet. Die schweren Schlacken des 5000 bis 8000t umfassenden Vorkommens A-4 zeigen kaum grüne, jedoch weiße Ausblühungen. Direkt oberhalb des Vorkommens wurden zwei 1 bis 2cm große Bleiglättebrocken gefunden, die auf Blei/Silber-Gewinnung hinweisen. Aufgrund der Keramikfunde am Südhang ist hellenistische/römische Aktivität wahrscheinlich (Abb. 11). Tylecote, der diese Stelle 1968 aufgesucht hat, vermutet hier auch prähistorische Verhüttung (Anm. 10).

(e) In der schon erwähnten Gleichsetzung der Chalyber mit den Halyben (Alyben) Homers durch Strabo (Anm. 29) wird als Stadt am Schwarzen Meer Argyria – nach anderen Handschriften Argyreia – genannt, das

³⁸ S. Pejatovic, Metallogeny of the Pontid-Type Massive Sulfide Deposits. MTA-Publ. 177 (Ankara 1979).

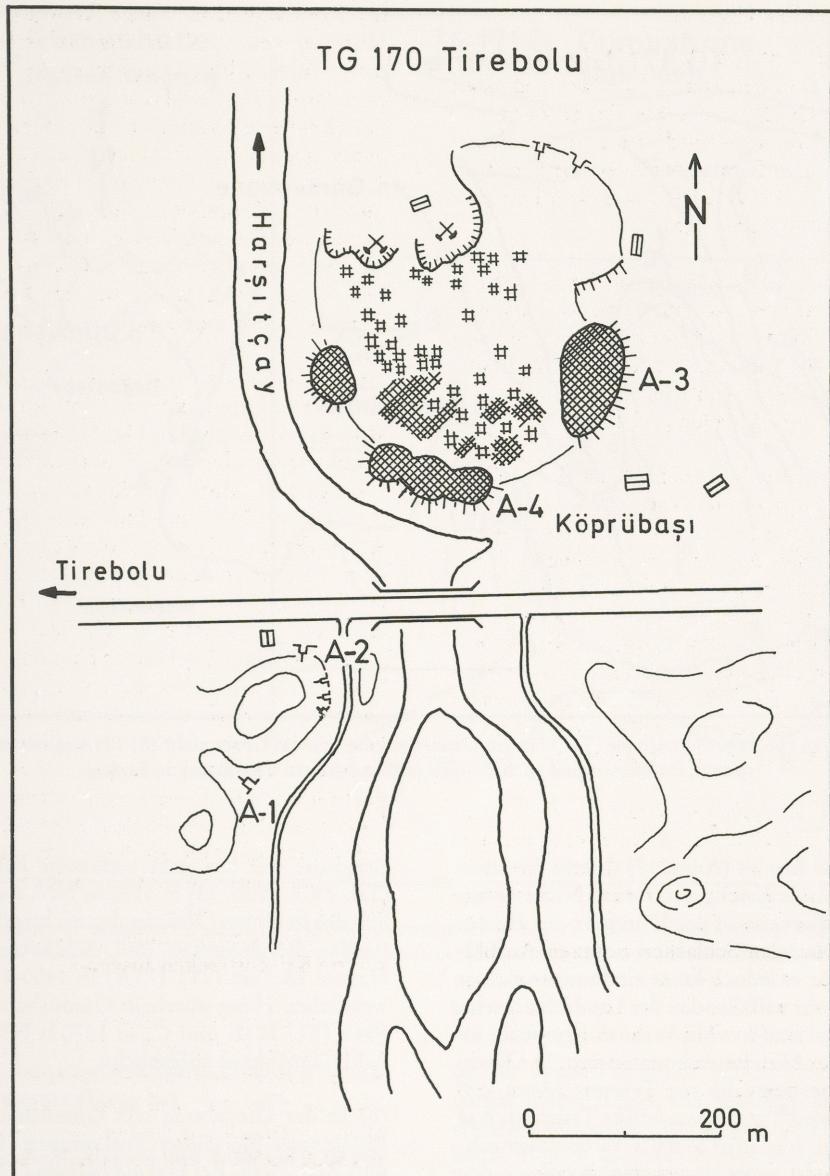


Abb. 11 Tirebolu (TG 170). Im Südwesten moderne Gruben mit Spuren älterer Strecken. Auf dem im Norden meerwärts liegenden Hügel sind kleine Schachtpingen und große Schlackenwürfe am Hügelfuß zu beobachten.

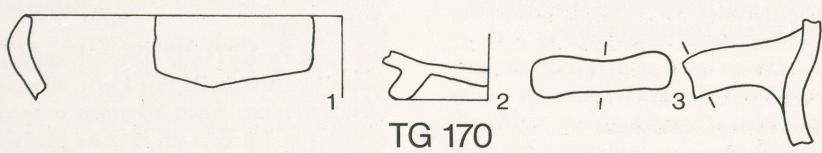


Abb. 12 Tirebolu (TG 170), Kentepe: 1.2 Schalenfragmente, röthlich, hochgebrannt. – 3 Bandhenkel. – M = 1:2.

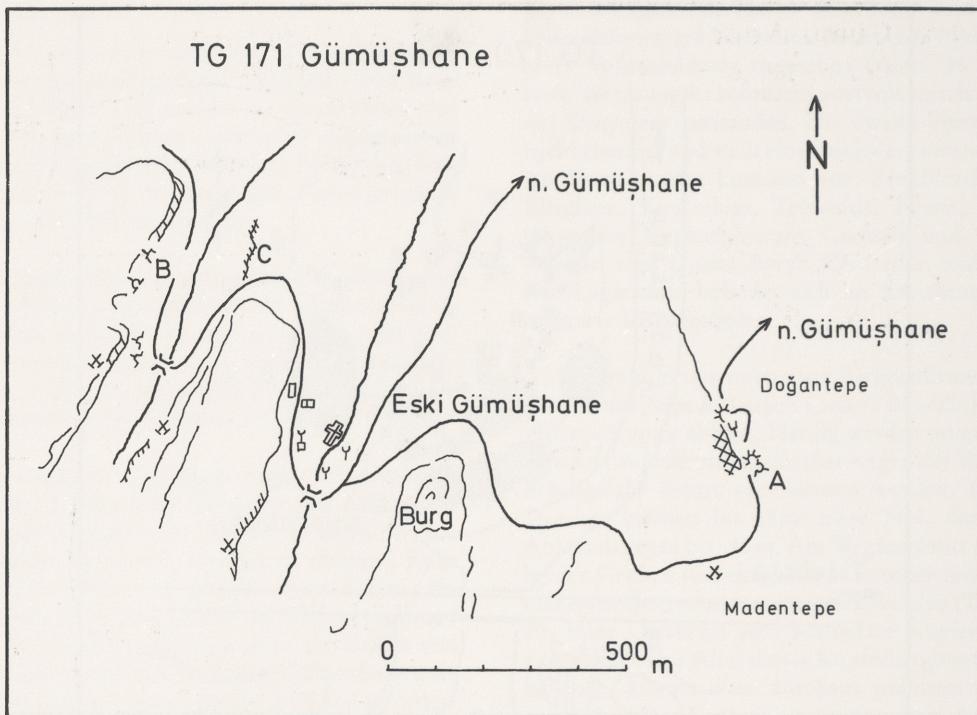


Abb. 13 Planskizze von Eski Gümüşhane (TG 171). Im Osten befindet sich das Grubenfeld TG 171A mit osmanischen Abbausspuren; im Westen sind auch Gruben prähistorischen Charakters zu finden.

nach Freise³⁹ und Davies (Anm. 17) (hierin Arrianus folgend) mit Tirebolu gleichgesetzt wird. Nicht einzubeziehen ist der Kentepe an der Mündung des Harşit. Nach Tylecote handelt es sich hierbei um einen Siedlungshügel, wofür es jedoch keine eindeutigen Belege gibt, obwohl er sehr auffallend in der Landschaft steht. Auf diesem Hügel sind sowohl Verhüttungsspuren als auch bergbauliche Aktivitäten konzentriert. Die Keramik (Abb. 12) bestätigt die vor Tylecote (Anm. 10) schon von Gowland⁴⁰ vermutete antike Tätigkeit. Auf die Frage der verschiedenen Metallverarbeitungstechniken soll hier nicht näher eingegangen werden – den Chalybern wird die erste Bearbeitung des Eisens zugeschrieben (Anm. 10,31) –, doch ist in diesem pamphylischen Bereich nach Freise und Strabo auch das Gebiet der Mosinoiken (Anm. 39) zu suchen, deren Name auf die Legierung Messing überging, das im Altertum seiner Goldähnlichkeit wegen geschätzt wurde⁴¹.

TG 171 Gümüşhane, Prov. Gümüşhane

(a) Der ehemals bedeutende Silberbergbauort Gümüşhane (MTA 133:29/3-Pb-Ag-1) liegt im oberen Harşittal der Ostpontiden. Das Zentrum des alten

Bergbaus war das jetzt verlassene Eski Gümüşhane (Taf. 74,2; Abb. 13) in 1550m NN, wenige km westlich des heutigen Ortes an der wichtigen Durchgangsstraße. Bergbaureste und Schlacken wurden bei Hazine Mağara (TG 171A) in 1450-1550m NN am westlichen Hang oberhalb Gümüşhane und bei Kırk Pavlı (TG 171B und C) in 1370m NN westlich von Eski Gümüşhane aufgesucht.

(b) In der Umgebung von Gümüşhane gibt es zwei bedeutende Blei-Silber-Vorkommen. Hazine Mağara und Kırk Pavlı. Bei Hazine Mağara (TG 171A) ist der obere Bereich einer dolomitischen Kalksteinserie vererzt. Überlagernd stehen Flyschsedimente an, die Oberkreide- bis Tertiäralter haben (Anm. 13). Diese Vererzung führt Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit, Kupferkies, Bornit, Sulfosalze und Enargit. Quarz und Baryt sind Gangart.

Bei Kırk Pavlı (TG 171B) sind stark silifizierte Kalksteine hydrothermal mit Pyrit, Bleiglanz, und Zinkblende vererzt. Auch kommen sekundäre Kupferminerale vor. Im Bereich Hazine Mağara stehen mesozoische Klastite im Kontakt zu einem paläozoischen Granit, der von dazitisch-aplitischen Gängen durchschlagen wird. Diese Zone ist von NW-SE streichen-

³⁹ O. Freise, Berg- und hüttenmännische Unternehmungen in Asien und Afrika während des Altertums. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen 56, 1908, 367f.

⁴⁰ W. Gowland, The Early Metallurgy of Silver and Lead. Part I: Lead. Archaeologia 57, 1901, 359-422.

⁴¹ Aristoteles, zitiert bei Freise (Anm. 39) 367.

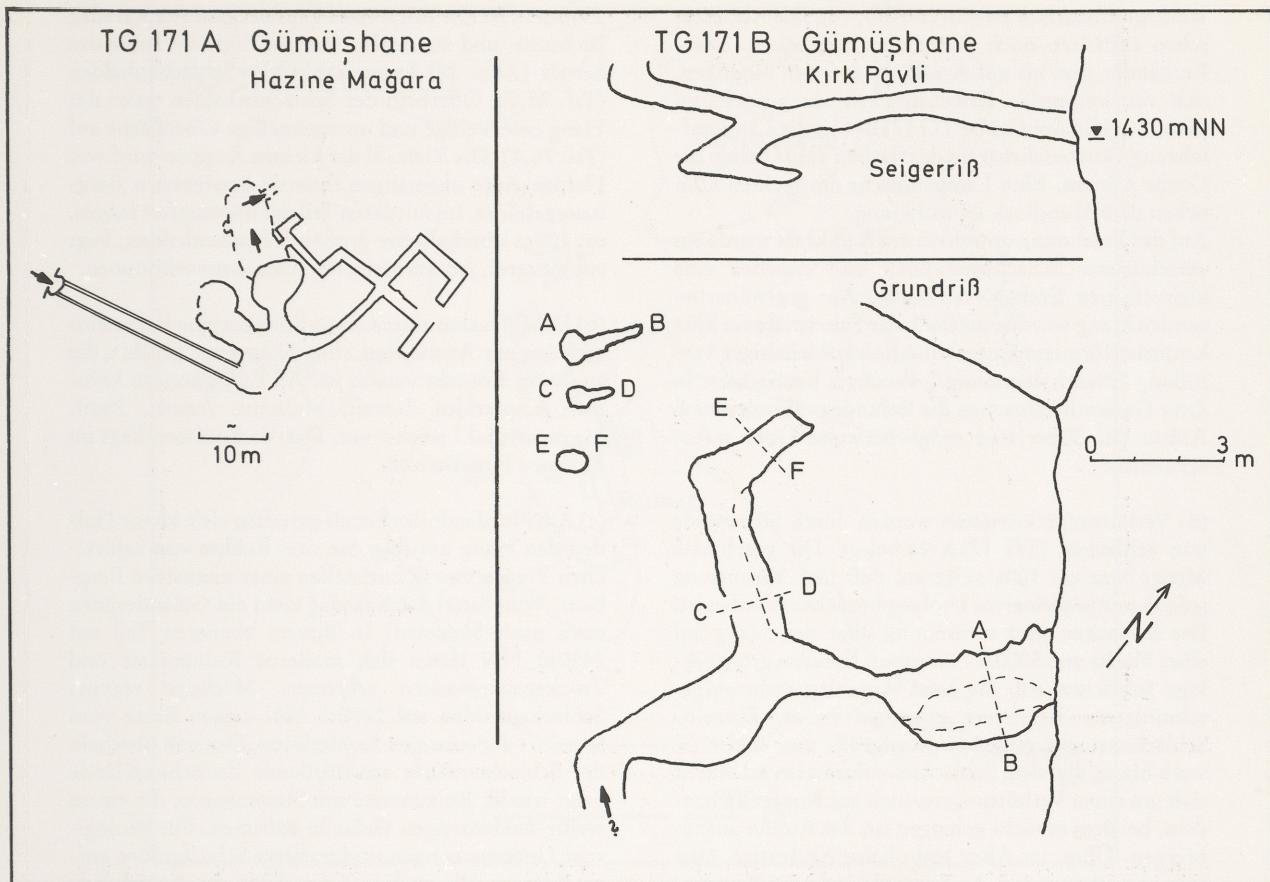


Abb. 14 Gümüşhane, Grundriß der Grube TG 171A mit Gesenk und moderner Feldeinteilung; wiedergewältigter osmanischer Bergbau. Skizze der Grube TG 171B mit prähistorischen Kriechstrecken, der vererzten Klüftung folgend.

den Störungen überprägt. Im Störungsbereich treten hydrothermal vererzte Gänge auf.

(c) Die Stellen Hazine Mağara und Kirk Pavli waren die produktivsten Blei-Silber-Bergwerke des Gümüşhane-Reviers. Der Bergbau geht hier mindestens bis ins Mittelalter zurück (Anm. 13) und ist am Anfang des 20. Jahrhunderts stillgelegt worden. In den dreißiger Jahren wurde bei Hazine Mağara (TG 171A-1) auf 1450m NN ein 400m langer Versuchsstollen vorgetrieben, der von Oelsner⁴² aufgenommen wurde. Oberhalb der Erdstraße liegt auf 1550m NN bei Hazine Mağara eine noch offene alte Grube (TG 171A-3) mit Pfeiler- und Weitungsbau, die in osmanischer Zeit angelegt und in neuerer Zeit nachgefahren wurde (Abb. 14). Dieses heute wieder befahrbare Gesenk führt in eine Etage, auf der zahlreiche, sich rechtwinklig verzweigende Strecken abgehen. Eine

davon wendet sich mit einem Durchschlag in die nächst tiefere Etage, die man aus der oberen Sohle ebenfalls von einer tonnlägigen Strecke aus erreichen kann. Dieser ausgeerzte Abbauraum fällt deutlich nach N hin ein. Ein ca. 5-6 m breiter Dom, dessen ausleuchtbare – nicht durch Versatz versperzte – Länge ca. 12 m beträgt, zeigt randliche Abbaunischen mit Bohrpfählen mit 12 cm Durchmesser, die von händischem Bohren stammen. Obwohl eine exakte Identifizierung nicht durchführbar ist, scheint es, als ob Hamilton (1843)⁴³ gerade diesen Abbau gesehen hätte.

In Kirk Pavli sind ca. 50m oberhalb des Fahrweges in einem nach Osten exponierten Kalksteinkliff mehrere Strecken vorgetrieben worden. Oval-rechteckige Mundlöcher an Stollen knapp oberhalb der Fahrstraße sind vermutlich jünger. Die sehr niedrigen, flachen Kriechstollen knapp oberhalb des Felssturzes auf 1630m NN scheinen aufgrund der geringen lichten

⁴² O. Oelsner, Interner MTA-Bericht. No. 408 (1935).

⁴³ W. J. Hamilton, Reisen in Kleinasien, Pontus und Armenien. Deutsch von Otto Schomburgk (Leipzig 1843).

Weite prähistorisch zu sein (s. Abb. 14). Die Abbautaschen enthalten noch Reste von Brauneisen. Diese Erzbänder sind bis auf Armlänge von den niedrigen, sich verzweigenden Kriechstrecken aus ausgeräumt (Taf. 75, 1). In der Grube TG 171B-1 ist die Längsauffahrt 10m befahrbar, in der flachen Teufe bringt die Grube 6m ein. Eine Lampennische am rechten Ulm neben dem Mundloch ist wohl jung.

Auf der Verebnung unterhalb des Kalkkliffs wurde ein verschüttetes Schachtmundloch und daneben eine kleinstückige Erzhalde entdeckt. Am gegenüberliegenden Hang wurde unterhalb der Fahrstraße ein korkenzieherförmiges Gesenk mit holzkohlehaltiger Verfüllung (Einschwemmung?, Versatz?) beobachtet. In ihrer Gesamtheit machen die Befunde prähistorischen Abbau auf Silber und möglicherweise Gold wahrscheinlich.

(d) Verhüttungsaktivitäten werden durch Streufunde von Schlacken (TG 171A-2) belegt. Die geschätzte Menge von ca. 100t zeigt an, daß hier Verhüttung jedoch nur in kleinerem Umfang betrieben worden ist. Die Schlacken sind weiträumig über den Hang auf einer Fläche von 5000m² verstreut. Es fallen großstückige Schlacken auf, die beim Anschlag nicht aufgeschmolzenes Kupfererz erkennen lassen. Einzelne Schlackenstücke erreichen Kopfgröße und sind z. T. stark blasig. Bei dem Schlackenvorkommen scheint es sich um einen Verhüttungsversuch auf Kupfer zu handeln, bei dem es nicht gelungen ist, das Kupfer auszubringen. Über das Alter kann keine eindeutige Aussage gemacht werden. An Keramik sind nur Ofenwandungsreste gefunden worden, die z. T. verschlackt sind und angebackene Holzkohlereste zeigen. Es wird angenommen, daß das Schlackenvorkommen einen relativ rezenten Verhüttungsversuch darstellt.

(e) Osmanischer Bergbau ist überliefert. Es konnten keine älteren Scherben beobachtet werden. Das ¹⁴C-Datum aus dem Gesenk TG 171C deutet auf hochmittelalterliche Nachuntersuchung hin (HD 9485-9298: 680±40 B.P. = kalibriert entsprechend 1290 n. Chr., inkl. Fehler: 1270-1300 n. Chr.).

TG 172 Karadağ, Prov. Gümüşhane

(a) Das Kupfererzvorkommen Karadağ (MTA 133:46/1-Zn-1 ?)⁴⁴ erreicht man, wenn man von Gümüşhane die Straße in Richtung Torul fährt und nach ca. 5km von Gümüşhane die Abzweigung nach Şiran nimmt. Am Köprübaşı Kahveleri biegt man nach Westen ab und fährt bis Bülbüloğlu (Gülacar = alter Name). Von dort geht es in südlicher Richtung bis Altıntaşlar. Ein Forstweg ist von hier ca. 6km befahrbar bis auf eine Höhe von 1904m NN. Ein kleiner Pfad führt an der südöstlichen Flanke des Karadağ zu einem Sattel auf

2540m NN. Die Sattel- und Gipfelregion des Karadağ ist baum- und strauchlos. An der Südwestflanke des Sattels (Abb. 15) liegen zahlreiche Schlackenhalden (Taf. 75,2). Oberhalb der Schlackenhalden weist der Hang eine wellige und unregelmäßige Oberfläche auf (Taf. 76,1). Die Vielzahl der kleinen Kuppen wird von Halden eines ehemaligen intensiv betriebenen Bergbaus gebildet. Im mittleren Teil des unruhigen Hanges, ca. 200m oberhalb der großen Schlackenhalden, liegt ein weiteres, jedoch kleineres Schlackenvorkommen.

(b) Die Intrusion eines Granodiorits in eine Kalksteinserie hat zur Ausbildung einer Skarnzone geführt, die an ihrem Kontakt vererzt ist. An Erzmineralen kommen Kupferkies, Bornit, Malachit, Azurit, Pyrit, Magnetit und Limonit vor. Das Vorkommen liegt im Eisernen Hut-Bereich.

(c) Am Nordende des Sattels gestalten viele kleine Halden den Hang unruhig. Sie sind Relikte von zahlreichen Pingen und Schurfstellen eines intensiven Bergbaus. Vom Sattel des Karadağ zieht ein Geländesporn etwa nach Südosten. In diesem ebeneren Teil auf 2450m NN lassen sich moderne Ruinenreste und Trockensteinmauern erkennen. Mächtige rezente Schlackenhalden auf 2490m NN zeigen Reste vom Standort der einstigen Kupferhütte. Das sich oberhalb der Schlackenwürfe anschließende Zwischengelände zeigt wieder Ruinenreste mit Steinmauern, die einem wellig-haldenartigen Gelände aufsitzten. Für geologische Untersuchungen sind mehrere Schurfgräben aufgeschlossen, die auch in 1,4m Tiefe das Anstehende noch nicht erreichen. Es handelt sich dabei um Aufbereitungshalden, die auf einen nahen Bergbau schließen lassen. Nach der Scherbenführung sind diese Halden bronzezeitlich. In dem sich im Norden anschließenden Graben ziehen sich diese Halden bis auf 2400m NN hinab. Hier wurden auch Reste eines gut erhaltenen Holzzimmers gefunden, das jedoch vollständig zugeschlämmt ist und wohl von moderneren Nachuntersuchungen stammt. Im unteren Bereich des Hanges durchziehen mehrere Schurfgräben das Gelände. Das Erz der Halden setzt sich in diesem Bereich aus porösen Eisenoxiden zusammen. Hangaufwärts treten vermehrt kleinstückige Haldenerze mit sekundären Kupfermineralen und gelegentlich etwas Kupferkies auf. Die vermutlich in neuerer Zeit angelegten Schurfgräben durchschneiden an einigen Stellen die älteren, bis zu einem Meter mächtigen Halden (Taf. 76,2). Neben den kleinstückigen, sekundären Kupfererzbrocken sind an diesen Stellen auch Keramikreste zu beobachten. Stollenmundlöcher sind in der Umgebung nicht aufzufinden.

(d) Die zahlreichen, weithin sichtbaren Schlackenhalden (s. Taf. 75,2) aus dem Sattelbereich umfassen

⁴⁴ Dieses Vorkommen ist wahrscheinlich identisch mit dem Zinkvorkommen Artabil (vgl. Anm. 13, 73).

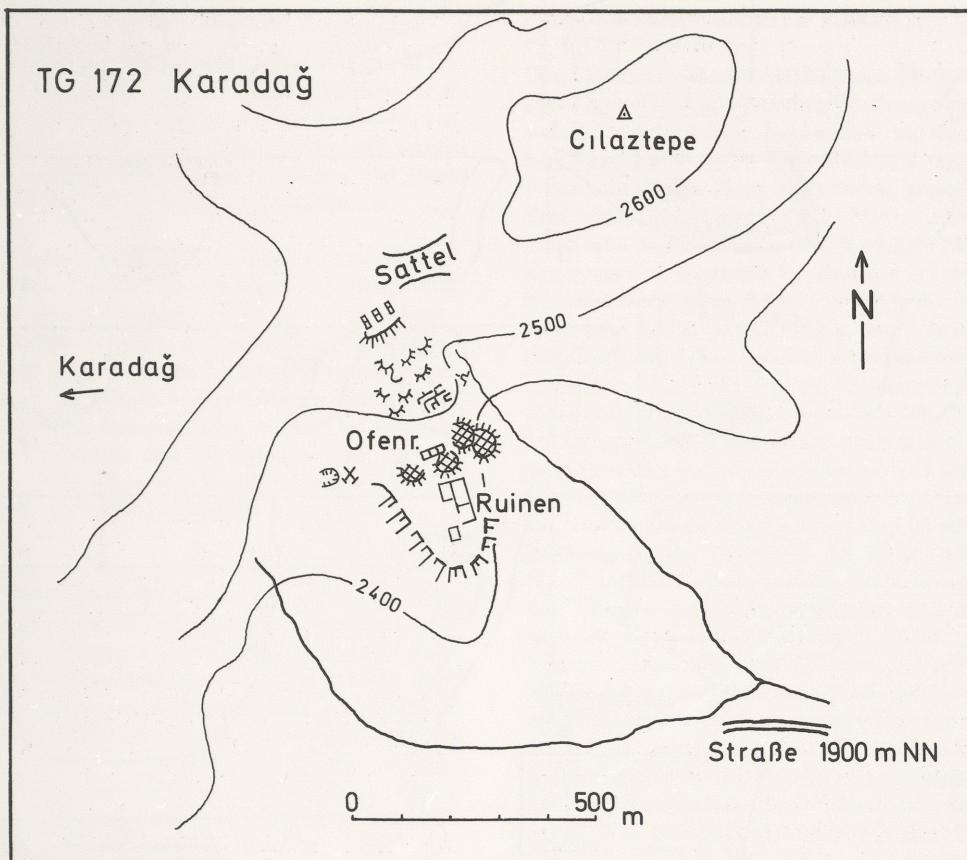


Abb. 15 Übersichtsskizze des Karadağ (TG 172) mit modernem Bergbau, Schlackenhalden und Ruinen im Süden. Die Ruinen im Mittelbereich stammen etwa aus dem 18. Jahrhundert und stehen auf bronzezeitlichen Abraumhalden.

einige 10000t. Die Schlacken sind großstückig, z. T. glasig, homogen und gut ausgeschmolzen. Einzelne Stücke erreichen Kopfgröße. In den Schlackenhalden sind häufig Erzbrocken von porösem Eisenoxidierz zu finden. Diese Verhüttung scheint in eine rezent, vielleicht in die osmanische Periode zu fallen.

Oberhalb der großen Schlackenhalden sind weitere Schlackenfunde gemacht worden. Hierbei handelt es sich jedoch um kleinstückige, schwere Schlacken, die bis zu einem halben Meter unter Bodenbedeckung liegen. Einige dieser Stücke zeigen im Anschlag Kupferstein. Diese Schlackenstücke fallen mit dem vermehrten Auftreten kleinstückiger, sekundärer Kupfererze zusammen. Diese ältere Verhüttungsphase wird, auch anhand zahlreicher Keramikfunde, einer prähistorischen Kupfergewinnung zugerechnet.

(e) Die handgemachte, meist dunkle, aber gut geglättete Ware ist frühbronzezeitlich (Abb. 16). In den Lesefunden kommen auch zahlreiche junge, z. T. recht moderne Scherben vor (u. a. Pfeifenköpfe), die den rezenten Bergbau und seine Verhüttung belegen. Das ^{14}C -Datum belegt den auch anhand der Keramik erahnbaren Bergbau des 17. Jahrhunderts (HD 9486-

9299 mit 265 ± 30 B. P. = kalibriert entsprechend 1640 n. Chr.; inkl. Fehler 1630-1660 n. Chr.). Die Holzkohle befand sich in der Halde demnach zwischen umgelagerter urzeitlicher Keramik.

TG 173 Zankar, Prov. Gümüşhane

(a) Diese Lokalität (MTA 133:46/1-Pb-2) erreicht man über die Straße Torlu-Şiran, 3 km südlich von Yukarı Tersun. Sie wurde von uns nicht aufgesucht, sondern vom MTA Gümüşhane Kamp Şefi Karaman.

(b) Ein Blei/Zink/Kupfer/Silber führer Gang mit einer Länge von ca. 2,5 km streicht in Ost-West-Richtung.

(c) Es sind mehrere »alte« Gruben entlang des vererzten Ganges bekannt.

(d) Schlacken und etwas Bleiglätte treten als vereinzelte Funde auf.

(e) Von archäologischen Zeugnissen wird nicht berichtet.

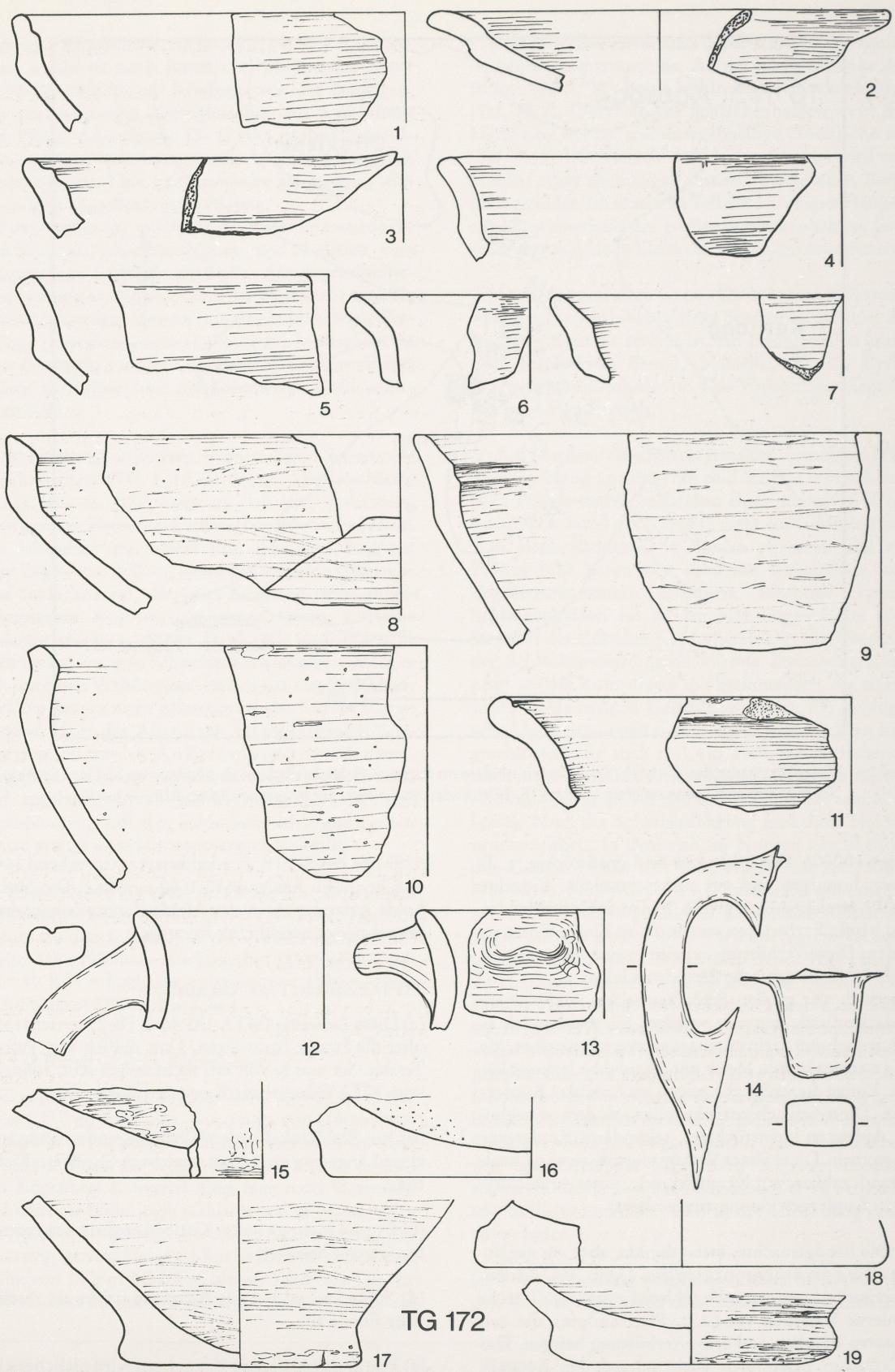


Abb. 16 Karadağ (TG 172). Frühbronzezeitliche Keramik, handgemacht, rötlich bis dunkelbraun, sandgemagert, Oberfläche teilweise gut geplättet; zumeist FB III. – M = 1:2.

TG 174 Helva Maden, Prov. Gümüşhane

(a) Das Kupfererzvorkommen Helva Maden (MTA 133:47/1-Cu-1) liegt in einer Steppenlandschaft auf 1870m NN, 3 km west-südwestlich des Dorfes Maden (Straße Bayburt – Erzurum). Es zeichnet sich durch große Erzhalden, allerdings ohne sichtbare Bergbauspuren, und zwei kleinere Schlackenhalden aus.

(b) Flyschsedimente der unteren Kreide wechsellagern mit spilitischen, stark chloritisierten Lavaserien. Das Hangende dieses Komplexes wird von rekristallisierten Kalksteinen gebildet, die vermutlich Oberkreide-Alter haben (Anm. 13). Die Lavaserien erreichen eine Mächtigkeit von einigen hundert Metern und werden von basaltischen Gängen durchzogen. Der Kontakt zwischen Lavaserien und Flyschsedimenten ist vererzt. Hier sind sekundäre Kupferminerale – in der Hauptsache Malachit und Azurit – zu finden.

(c) Die großen Erzhalden mit sekundären Kupfermineralen, Brauneisen, Schwefel- und Gipsausblühungen wurden auf ca. 100 000 t geschätzt. Bergbauspuren wurden nicht festgestellt. Vermutlich sind die Erze am Hang oberhalb der Halden im Tagebau, der nach dem Auflassen erodierte, gewonnen worden. Das Alter des Bergbaus ist nicht bekannt, vermutet wird jedoch 19. Jahrhundert. Eine Firma aus Trabzon leitet das kupfersulfidhaltige Sickerwasser aus den Halden in Tanks, wo sich Kupfer an eingebauten Eisenplatten ausscheidet.

(d) Einige hundert Meter westlich der Erzhalden befinden sich am Hang mehrere kleine Schlackenhalden mit insgesamt 2500 t (Taf. 77, 1). Die kleinstückige bis tellergroße Schlacke ist z. T. glasig und von grünen Kupfermineralausblühungen bedeckt.

(e) Archäologische Zeugnisse sind nicht bekannt.

TG 175 Keban, Prov. Elazığ

(a) Die nach dem Ort Keban (MTA 133: 79/2-Pb-1) benannte polymetallische Lagerstätte (Pb, Ag, Au, Cu) liegt in Ostanatolien, ca. 50 km westlich der Provinzhauptstadt Elazığ. Die Ortschaft liegt am Euphrat unterhalb der Staumauer des Keban Baraj, die den Euphrat hier auf eine Höhe von 140 m aufstaut. Südlich des Ortes mündet der Keban Dere, ein kleiner, reißender Bach, in den Euphrat, der bei Keban durch tiefe Schluchten fließt. Die steilen Hänge sind kahl und von der Erosion tief zerfurcht. Die umgebende Berglandschaft baut Höhen bis zu 1200 m auf. Die Hanglagen des Keban Dere sind durch ein ausgeprägtes Bewässerungssystem fruchtbar gemacht und dienen haupt-

sächlich dem Kleinanbau für Gemüse und Obst (Taf. 77, 2).

Der Lagerstättenbezirk umfaßt eine Fläche von 8-10 km² (Abb. 17). Am westlichen Steilhang des Euphrat, westlich der Ortschaft, liegen die Prospektionsstrecken Fırat Bati 1 und 2 (TG 175B und A; Abb. 18). Folgt man diesem Hang nach Süden, gelangt man zu dem Stollen Gazi Galerisi (TG 175H). Ca. 500 m südlich davon liegt die Grube Mistik Mağara (TG 175G). Am gegenüberliegenden Euphratuf erhebt sich der Sıltulıtepe mit 1100 m. An seiner Südflanke findet man zahlreiche Mundlöcher, Pingen und Erzhalden, die sich hangabwärts bis zum Fuß eines Bachtrockenbetts erstrecken (TG 175I). Auf der Ostseite des Euphrats führt ein kleiner Fahrweg von der Ortschaft Keban kommend in Richtung Süden nach Kudikan Köyü, einer Siedlung von einigen Häusern und Ställen. Der Fahrweg führt an der Hauptstrecke Fırat Galerisi vorbei. Von Kudikan Köyü gelangt man in südöstlicher Richtung zu der Bohrstelle KS 2 (TG 175D). Am Nordhang des Berges, oberhalb der Bohrstelle sind an den Hängen zahlreiche Erzhalden und verstürzte Mundlöcher zu sehen (TG 175D-2, D-3).

Vom südlichen Ende der Ortschaft Keban führt ein Weg zum Oberlauf des Keban Dere, über den hier eine kleine Brücke reicht. Ein schmaler Pfad führt in westlicher Richtung entlang des Südhangs des Baches zu einem Stollen (TG 175F-2). An den südlich der Brücke ansteigenden Hängen, die die Nordflanke des Zeytin Dağ (s. Abb. 19) mit 1084,59 m NN bilden, finden sich zahlreiche Mundlöcher, Pingen und Erzhalden (TG 175F-5, F-6, F-7, F 8) (s. Abb. 20 zu Grube TG 175F 8). Die Kuppe des Zeytin Dağ zeigt durch kleine Tagebaue, Mundlöcher und Erzhalden (TG 175N-1 bis 4) ein markantes Landschaftsbild (Taf. 78, 1).

Die Schlackenvorkommen beschränken sich hauptsächlich auf Teile der Ortschaft Keban, so im Norden, östlich des Kayıkbaşı (843 m NN; TG 175K), im Mittelteil des Ortes (TG 175L) und im Teil Kalkhane (TG 175E). Streufunde wurden im Südbereich des Zeytin Dağ gemacht (TG 175N-5).

(b) Keban ist eine der bedeutenden Blei/Silberlagerstätten der Türkei. Der Lagerstättenbezirk hat eine Längserstreckung von etwa 5 km in NS-Richtung, mit einer Breite von 2-3 km. Die Gesteinsserien des Keban beinhalten metamorphe Kalkschiefer, dolomitisierte Kalksteine und Phyllite paläozoischen Alters, permotriassische Konglomeratserien und eozäne Flyschsedimente. Sie sind Bestandteil des östlichen Tauriden-Gürtels. Die Gesteine zeigen einen antiklinalen Bau mit NE-SW streichendem Achsenverlauf⁴⁵⁻⁴⁶. Im Tertiär sind porphyrische Syenite in das Nebengestein intrudiert. Dabei ist es lokal zur Ausbildung von Skarnzonen gekommen. Den metamorphen Schiefer-

⁴⁵ T. Kineş, Geothermometry of the Keban Mine Area, Eastern Turkey. MTA-Bull. Ankara 73, 1969, 28-33.

⁴⁶ E. Kipmann, Keban'ın Jeolojisi ve Keban Şariyajı. Ist. Earth Sc. Rev. 1981, 1-2.

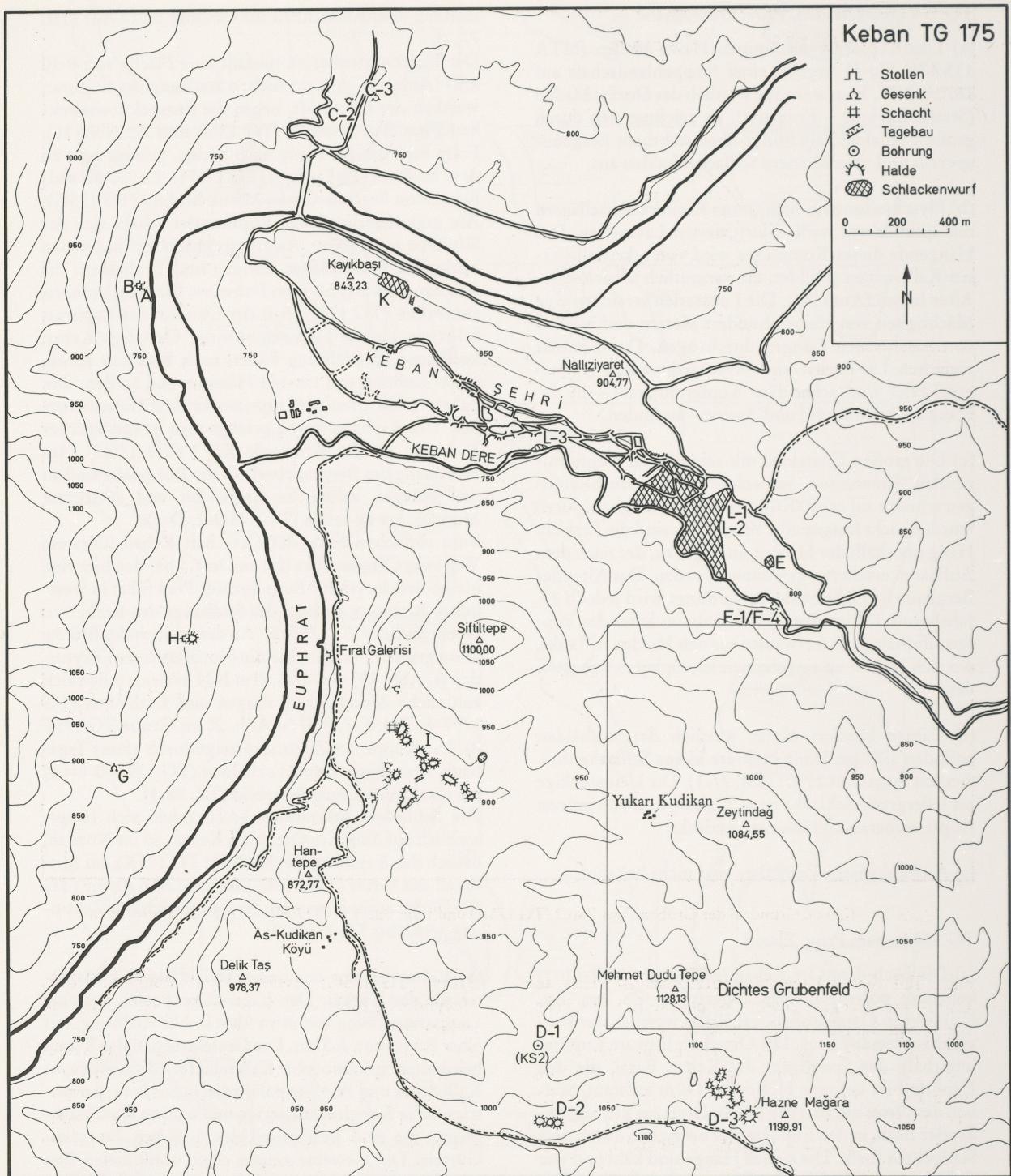


Abb. 17 Planskizze des Bergbaugebietes von Keban (TG 175).

serien sind mächtige Kalksteinlinsen eingelagert. Es sind mehrere Vererzungsformen zu beobachten. Im Bereich der Kalkstein- und Schieferserien treten synsedimentäre Vererzungen im Schiefer und Vererzungen am Kontakt Schiefer/Kalkstein auf. Solche synse-

dimentären Vererzungen im Antiklinalbereich sind in den Strecken Fırat Bati 1 und 2 (TG 175B und A; s. Abb. 18) gut zu beobachten (Taf. 78, 2). In diesen beiden erwähnten Strecken sind die primären Sulfidminerale jedoch schon stark anoxidiert. Der oberflächen-

TG 175 Keban

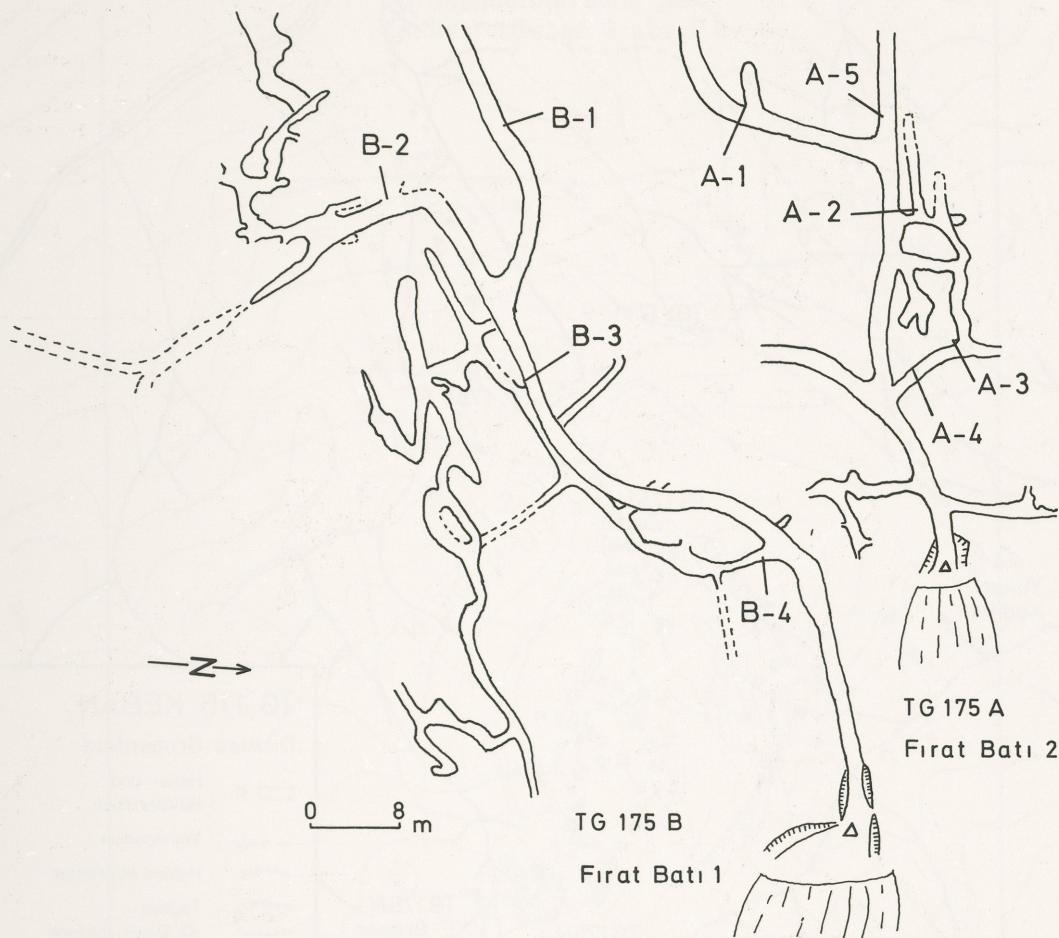


Abb. 18 Keban. Grundriß der Gruben Firat Bati 2 (TG 175A) und Firat Bati 1 (TG 175B) mit Probennahmestellen.

nahe Teil dieses Lagerstättenbereiches ist reich an Eisen- und Manganoxiden. Das poröse Erz ist häufig von feinen Barytleisten durchsetzt.

Eine spätere Vererzung ist durch tertiäre syenitische Intrusionen hervorgerufen worden. So hat sich am Südhang des Keban Dere eine Skarnzone ausgebildet (TG 175F-2). Die Vererzung besteht aus Pyrit, Kupferkies, Fahlerz, Bornit, etwas Zinkblende und untergeordneter Bleiglanz. Nebengestein ist Granat-Epidot-Fels (hier mit Vesuvian). Dieses Vorkommen ist jedoch wirtschaftlich nicht von Bedeutung. Die Erstreckung des verskarnten Bereiches ist gering (ca. 150m). Im Zusammenhang mit den syenitischen Intrusionen wird eine hydrothermale Gangvererzung bei Keban-

Bamaş (TG 175C) gesehen. Hier kommen Fluorit, Molybdänit, Bleiglanz, Zinkblende, Pyrit und Kupferkies vor.

Ein weiteres, jedoch nur mineralogisch interessantes Vorkommen stellt das Vanadinit-Vorkommen⁴⁷ von Mistik Mağara (TG 175G) dar. Hier ist in einer mächtigen, den metamorphen Schiefern zwischengeschalteten Kalksteinlinse ein Karstsystem angelegt. Neben Vanadinit kommt Descloizit in kleinen, bis 8 mm langen Kristallen vor. Die beiden Minerale bilden meistens einen kristallinen Überzug auf dem Kalkstein oder füllen Spalten und Hohlräume aus.

Die vererzten Kalksteinkomplexe des Zeytindağ und seiner Nordflanke (TG 175N) lassen eine Karstüber-

⁴⁷ A. Maucher, Über das Erzvorkommen von Keban-maden (Türkei). Zeitschr. f. prakt. Geologie 46/5, 1938, 79-98.

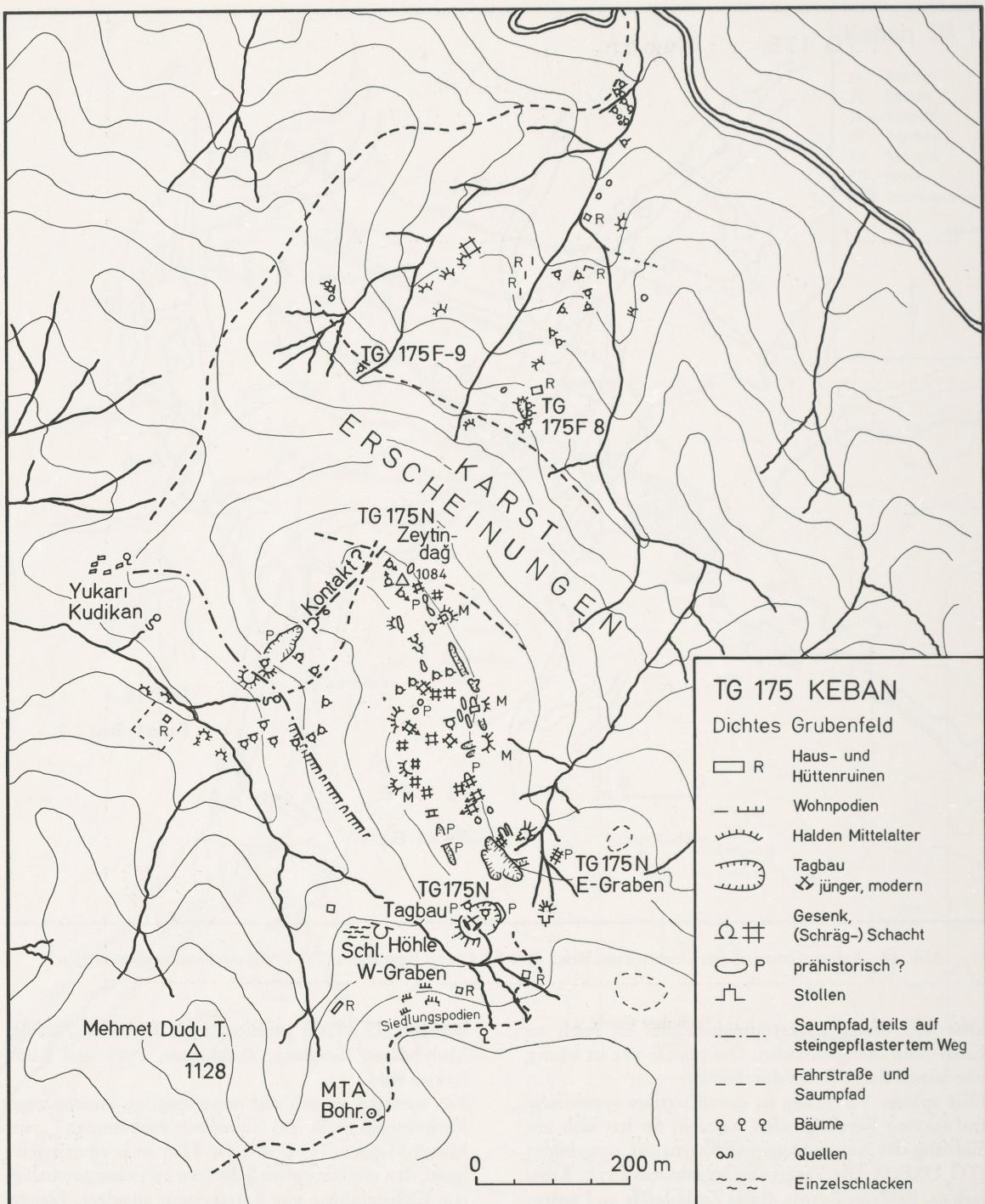


Abb. 19 Keban (TG 175). Planskizze des Zeytindag (Detailkarte aus Abb. 17).

prägung beobachten. Sulfidische Erze sind hier selten. Bevorzugt sind sekundäre Zink-, Blei- und Kupferminerale, wie Smithsonit, Cerussit und Malachit zu finden. Neben sekundärem Erz ist limonitisches Erz häufig. In Karstpaläten und Hohlräumen ist oft ein rhythmischer Aufbau der vererzten Partien zu erkennen.

Ob die Karstbildung für die Vererzung am Zeytindag lediglich eine Überprägung darstellt, ist noch unklar. Vererzungerscheinungen treten im Gebiet des Zeytindag auch an tektonischen Kontaktten zwischen Kalkschiefer und Kalkstein auf.

TG 175 Keban

Grubenaufmessung der
prähistorischen Grube F8

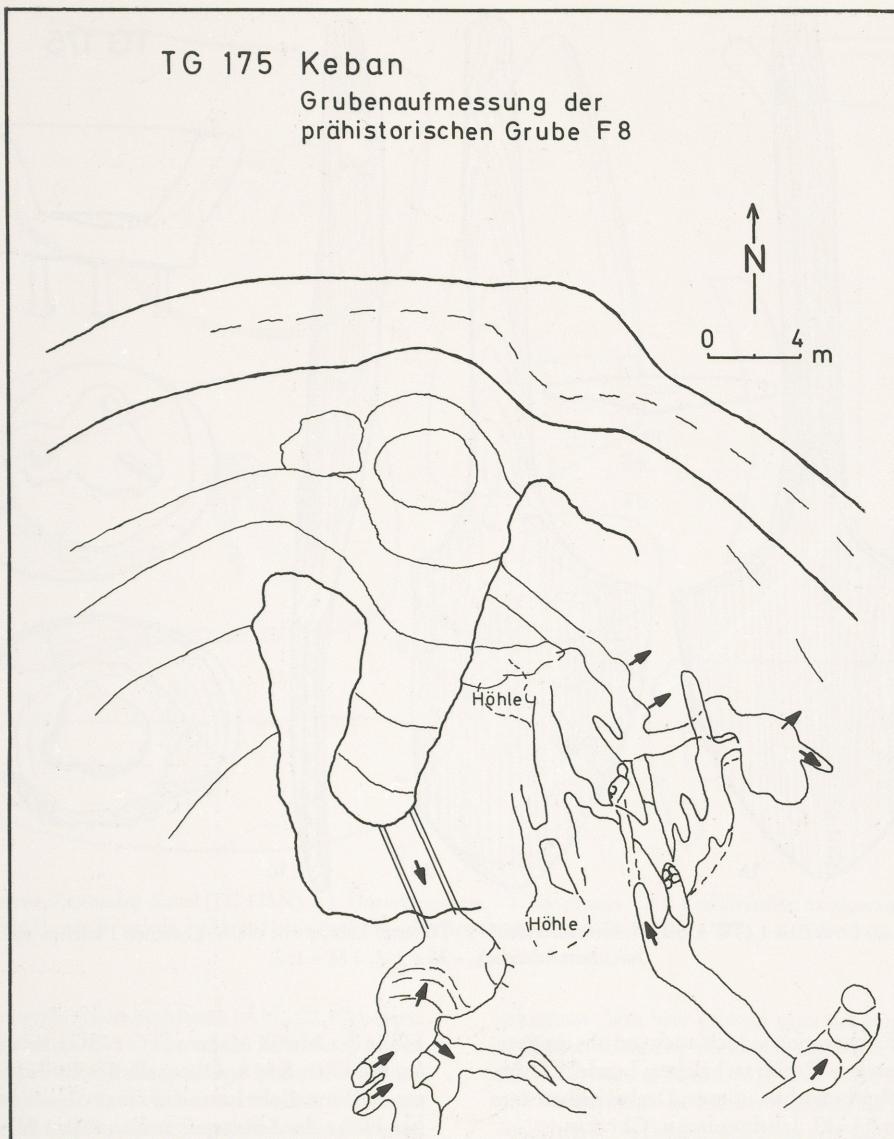


Abb. 20 Keban. Skizze der prähistorischen Grube TG 175F8. Tagebauartige Weitungen mit aufgeschlossenen Kriechstrecken im Versatz.

(c) Gemäß der ausgebreiteten Fläche lassen sich die Bergauspuren am besten nach den einzelnen Großbereichen beschreiben. Die heute als Untersuchungsbau geführten Stollen Firat 1 und 2 und Gümüş Galerisi folgen alten Bauen, die sich teilweise überfahren, um zu neuen Aufschlüssen zu gelangen. Diese Gruben werden durch das Geologenteam der Etibank im Maßstab 1:200 aufgemessen (s. Abb. 18). Ihnen danken wir eine noch unvollständige Aufmessung von Firat 1 und 2 (TG 175B und A), die zeigt, daß die Abbaufelder mit Kriechstrecken mit meist ovalen Querschnitten (selten unregelmäßig rechteckig) den schichtparallel eingelagerten Erzkörpern folgen. Oft sind senkrecht dazu stehende Klüfte weitgehend abgebaut. Im Grubentief-

sten stößt man oftmals auf Verbruch oder Versatz, die Grube selbst ist von Gesenken aus entwickelt (ähnlich Gümüşhane). Den ältesten Eindruck macht dabei das weitreichende Abbaufeld von Firat 1, das über in die Ulme geschlagene Stufen (entlang von ausgeerzten Verwerfern) und sauber mit Versatzmauern ausgesetzten Kriechstollen bis auf die Höhe des heutigen Euphratwasserspiegels reicht. Oftmals ist Auffahrung mit breitem Blick nachgewiesen, Bergauspuren zeigen Schneidenbreiten der Keilhauen von 2 bis 3 cm. Im Grubentiefsten wurde ein Fund einer kurzen Holschaufel gemacht (Taf. 79,1; Abb. 21,1). Einige Meter höher fand sich in einer Seitenabzweigung eine Lampe (?) mit drei Eisennägeln als Füßchen, die mit Blei ver-

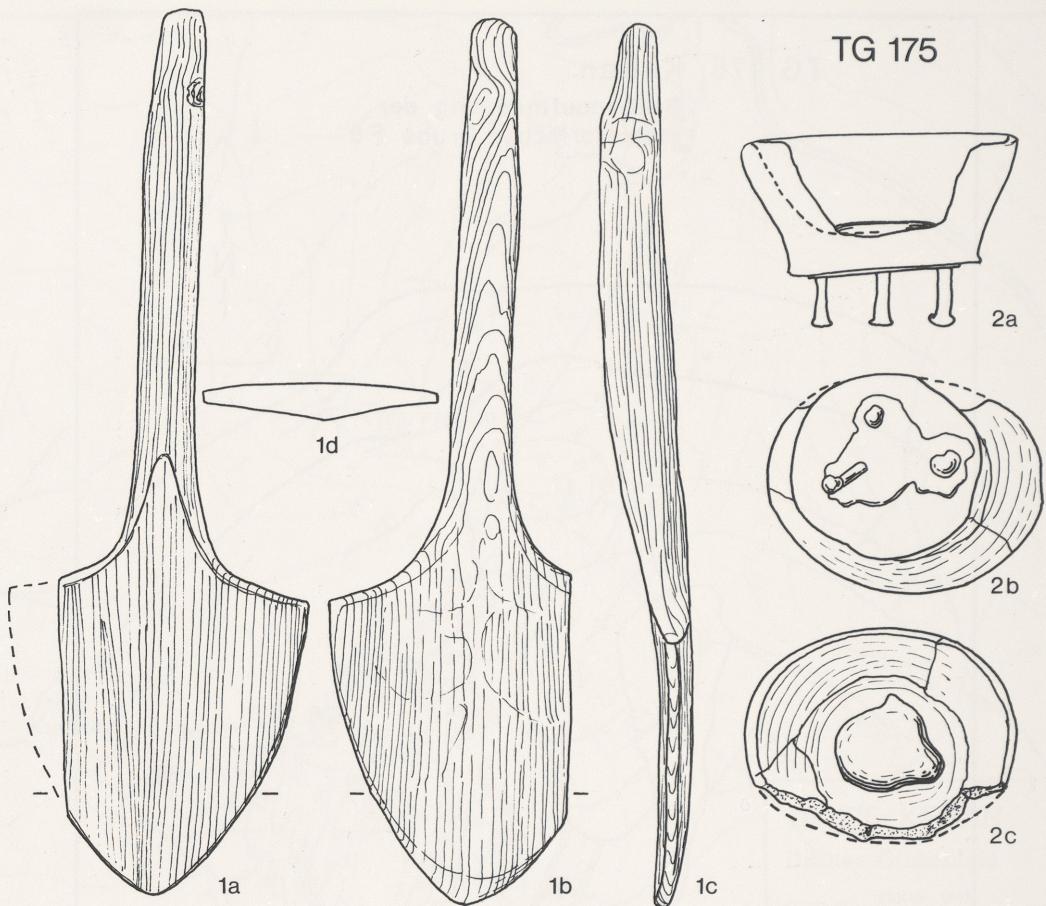


Abb. 21 Keban, Firat Batu 1 (TG 175B); 1 Holzschaufel. – 2 Tönerne Lampe mit bleivergossenen Füßchen aus Eisennägeln, hochmittelalterlich. – M = 1:8; 2 M = 1:2.

gossen sind. Es kann sich jedoch auch um ein umgearbeitetes ehemaliges Probierschälchen handeln (Abb. 21,2). Die Wandscherben dieser Drehscheibenware deuten auf das 14.-17. Jahrhundert n. Chr. hin. Das Mundloch von Mistik Mağara (TG 175G) liegt in einer Karsthöhle; der Vorschub macht einen jungen Eindruck. Er wurde 1983 verbreitert und ist dem älteren Streckensystem nachgefahren.

Der Stollen Gazi Galerisi (TG 175H) zeigt sauber aufgefahrene Streckenquerschnitte mit 0,9 m Breite und 1,1 m Höhe. Die Auserzung erfolgt schichtparallel unter Beibehaltung von rechteckigen (prismatischen) Erzpfeilern. Jeweils an einem Uml wird eine Wetterlutta mitgeführt, die aus schräggestellten, sauber mit hellem Lehm gedichteten Schieferplatten besteht. An einer Blindstrecke wendet sich die Lutta vom linken zum rechten Uml.

In diesem durch Pfade noch nicht erschlossenen Westdistrikt finden sich zahlreiche Mundlöcher von ähnlichen, wohl gleichalten, aber kaum prähistorischen Gruben.

Von der Grube Firat Galerisi (die aus Zeitmangel nicht besucht wurde) führt ein Fahrweg nach S, etwa auf die

Höhe der Mistik Mağara (TG 175G), unweit des Dorfes Kudikan Köyü. Oberhalb des Entlüftungsschachtes der Firat Galerisi sind in einem Trockental, auf halber Höhe des Siftaltepe, auf ca. 860 m NN zahlreiche Mundlöcher zu erkennen. Die Befahrung einiger dieser Gruppen zeigt von Stollen annähernd söhlig ausgerichtete und abgebaute Grubenhohlräume mit Weitungen von 1,3 m Höhe und ca. 4-5 m Breite. Versatzmauern und Erzpfeiler sichern den Abbau. Nach dem Eindruck der Technik scheint dieser Bergbau nicht älter zu sein als Mitte des vorigen Jahrhunderts. Bis zum 1100 m hohen Siftaltepe finden sich zahlreiche Pingen oder nur gering tief befahrbare Steilschächte. Manche davon sind sauber oval bis rund in den Fels gehauen. Sie zeigen selten rechteckige Querschnitte. Manche Trockenmauern in diesem Gebiet sind von Schafhirten errichtet. Auch der zum Euphrat hin offene, felsige Vorderhang des Siftaltepe zeigt Löcher, die jedoch aufgrund des sehr steil abfallenden Geländes kaum zugänglich sind.

Die undeutlichen Mundlochpingen und verwischten Erzhalde oberhalb der Bohrung KS 2 in Richtung Osten (TG 175D-2, D-3) sind durch zwei Wandstücke

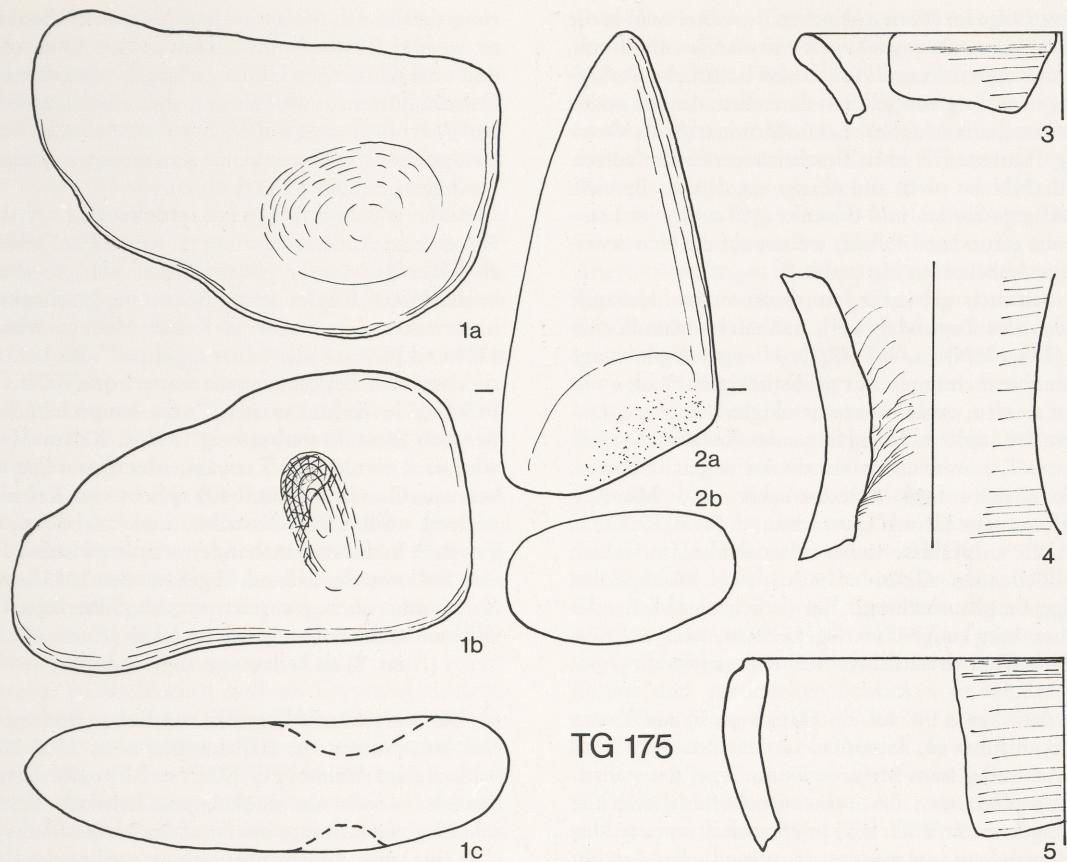


Abb. 22 Keban, Zeytindag-Sattel (TG 175N). – 1 Unterlagsplatte. – 2 Klopfstein. – 3.5 Gefäßränder, handgemacht, graubraun; eisenzeitlich(?). – 4 Krughals, hellgrau; hethitisch; Fundstelle Mehmet Dudu Tepe (TG 175D). – 1.2 M = 1:4; 3-5 M = 1:2.

eines Kruges vermutlich hethitisch (Abb. 22,4) datiert. Entlang des Keban Dere, vor seiner Mündung in den Euphrat, liegen am Südufer einige Mundlöcher von zumeist sehr jungen Schächten und Stollen, bei denen aus Zeitmangel nur das älteste besucht werden konnte. Auch diese Untersuchung ist jung und durch den erst jetzt wieder wasserführenden Keban Dere fast unzugänglich.

In östlicher Richtung gelangt man von der heutigen Stadt über eine Betonbrücke bei der »Quelle« des Keban Dere in sanftem Anstieg auf den Zeytindag (TG 175N). Dieser ist sowohl im Norden als auch im Süden bis auf die Höhe des Mehmet Dudu Tepe von Bergbauspuren übersät (s. Abb. 19). Eine grobe Abschätzung ergibt ca. 100 heute noch offene Mundlöcher, auch wenn sie oftmals nur wenige Meter befahrbar sind. Am Fuß des Zeytindag, bei der Brücke, finden sich ca. zehn z. T. befahrbare Gesenke, die der Steilrichtung des Erzes (oder einer Kluft) folgend oftmals furchenartig ausgeräumt sind und teilweise mit dem Nachbargesenk löchern. Hierbei sind nicht nur regelmäßige, zumeist rundlich ovale, selten rechteckige Querschnitte mit verrundeten Ecken, sondern auch korkenzieherartig gewundene Kriechstrecken zu

erkennen. Von hier gelangt man bei einem Anstieg in südlicher Richtung zu einem tagbauartigen Loch (s. Abb. 20) mit ca. 20m Länge und 5-6 m Breite. An seiner Vorderkante ist Haldenmaterial aufgeschüttet. Im östlichen Umland finden sich zwei Mundlöcher (F8), von denen aus man eine mehrfach nachgefahrene Vererzung aufgeschlossen hat. Das höherliegende Mundloch führt mit einem Gesenk in die Tiefe und teilt sich im Inneren flügelartig, wobei eine Verbindung zu höherliegenden, korkenzieherartigen Kriechstrecken besteht.

Der nördliche Flügel führt abwärts über wiedergewältigte, z. T. recht schmale Kriechstrecken in den Hohlräum, der auch von dem unteren Mundloch aus erreichbar ist. Hier kann man auf Versatz, annähernd söhlig, bis zu einer Verzweigung kriechen, in der man in eine hangende Nachuntersuchung mit Sekundärmineralen weitergelangt, die sich teilweise zu kleinen Hohlräumen weitern, zumeist aber als Kriechstrecke weiterführt. Sie kommt im Bogen zur oben erwähnten Abzweigung zurück, löchert hier mit dem Zugang vom oberen Gesenk und weist einen rund 6m tiefen, jungen Steilschacht auf, der im östlichen Teil angelegt ist. Auf dem Versatz kann man auch hier noch in eine

tiefe Etage im Westen kriechen. Je weiter man in die Tiefe kommt, um so mehr gewinnt man den Eindruck, daß die angetroffenen Hohlräume natürliche Verkarstungen entlang von Klüften darstellen, die nur in den obersten Teufen reichere Sekundärminerale als Vererzung führten. Die eben beschriebene Grube auf ca. 940m NN ist nicht die einzige in diesem Bereich. Tonnägige Stollen und Gesenke (105 cm in der Lichten mit gerundeten Ecken) weisen auf die charakteristische Abbauphase hin (antik?).

Das schwach gebogene, nordwest-südost ziehende Plateau des Zeytindağ weist zahlreiche Mundlöcher auf (TG 175N) (s. Taf. 78,1). Hier wechseln junge Nachuntersuchungen mit grobstückigen Halden mit meist runden, ovalen bis rechteckigen Schächten, längeren, der Streichrichtung folgenden Karsterscheinungen, z. T. mit deutlich sichtbaren angeschnittenen, korkenzieherartigen Kriechstrecken und Mundlöchern mit sehr kleinen Querschnitten (oval), daß man ebenfalls an prähistorisches Alter denkt. Im südlich anschließenden Gelände finden sich Wohnpodien (junge Bergbausiedlung). Ein östlich anschließender Graben barg einige Unterlagenplatten, wohl aus dem Bereich einer urzeitlichen Aufbereitungshalde (Abb. 22, 1.2.3.5).

Von dem heute bis auf ein Haus verlassenen Yukarı Kudikan führt ein Saumpfad in den südlichen Sattel des Zeytindağ zum Mehmet Dudu Tepe, der stellenweise gepflastert ist. Nach einer Quelle finden sich hier ein Tagebau mit ähnlichen, prähistorisch anmutenden Korkenziehern und weitere, meist runde Mundlöcher, oftmals an den Halden mit kräftigen Farben als junge Nachuntersuchungen erkennbar. In einem Fall war der Sinter (5 cm) eines älteren Versatzes durchschlagen und durchteuft worden. Am westlichen Hang des Zeytindağ, etwa auf gleicher Höhe wie TG 175F8 und bis auf ca. 950m NN, erkennt man einige Mundlöcher, oftmals mit kurzem, weit nachgefahremem Gesenk. Bei TG 175F-9 sind, wie bei der Grube Gazi Galerisi (TG 175H), aus größeren Blöcken Entlüftungen angelegt. Das Grubentiefste ist nach ca. 15 m ersoffen. Bei TG 175F-11 waren in dem Wasserriß im Kontaktbereich Marmor/Schiefer Glaskopf, Malachit und andere sekundäre Kupferminerale mit verschiedenen gefärbten Eisenoxiden aufgeschlossen. Von dieser Stelle zieht eine Zone mit Karstsystemen auf den Zeytindağ, die das Bild verunklaren.

Abseits von Keban, auf der anderen Seite des Euphrat, liegt das Revier Keban Bamaş (TG 175C), bei dem einige ältere Gruben durch den neuen Straßenbau frisch aufgeschlossen sind. In allen Fällen handelt es sich um Gesenke mit rechteckigem Querschnitt. Die Fluoritgrube (von 1980) weist Abbau und Auffah-

rungsdetails auf, wie sie auch in Altinoluk⁴⁸ beobachtet wurden (breite Aufhauen mit ovalem Querschnitt und unregelmäßigen Ulmen, schräg hineingeklemmte Quetschhölzer für die Fahrung ohne eingehauene Stufen!). Im nördlichen Teil des Bachbettes sind im Felsen wenige ähnliche Untersuchungen, meist mit jüngeren Nachgewältigungen zu erkennen.

In der bergbaukundlichen Literatur hat die Lagerstätte Keban eine große Bedeutung (s. Anm. 35.47). Da sie als Silber/Blei-Grube gilt, wird dem von uns ebenso beobachteten Kupfer wenig Beachtung geschenkt. In historischer Zeit wurde in Keban Maden zwischen 1728 und 1877 auf Blei/Silber abgebaut⁴⁹. Bis 1833 war sie staatlicher Betrieb, danach waren noch 400 bis 500 Familien in Keban ansässig⁵⁰, die hauptsächlich im Bergbau ihren Erwerbszweig fanden. Keban Maden wird auch von Moltke⁵¹ erwähnt, der diesen Ort 1838 bereiste. Gowland (Anm. 40) spricht von Keban als reichem Silber/Blei-Distrikt und verweist auf Smyth⁵². In diesem Jahrhundert wurde zwischen 1952 und 1983 von der Etibank abgebaut. Seit 1983 wird in Keban nur noch prospektiert. Als Silberlagerstätte wird sie archäologisch von de Jesus (Anm. 15) und Yener (Anm. 8) als bedeutsam angesehen.

(d) Die Schlackenvorkommen von Keban sind auf den Ort konzentriert. In Kalhane liegen ca. 1500-2000 t Schlacke auf Halde (TG 175E; s. Abb. 17). Hierbei handelt es sich um dunkelgraue, schwere Fayalitschlacke, die mitunter bei Anschlag kleine Bleikügelchen (bis 3 mm) und unaufgeschmolzene Bleiglanzreste zeigt. Die Schlacke ist z. T. blasenreich, wobei Hohlräume oft mit Cerussitkristallen ausgesäumt sind. Die Größe der Schlacken variiert von wenigen cm bis dm, wobei die Hauptmenge in der Größenordnung 5 cm bis 10 cm liegt. Gelegentlich ist ein Bleiweißüberzug zu erkennen. In unmittelbarer Nähe der Halde finden sich Reste einer osmanischen Blei-Silber-Hütte, vermutlich aus dem letzten Jahrhundert. Das größte Schlackenvorkommen (TG 175L-1,2) liegt etwa in Dorfmitte und zieht sich von der Stelle Palu Çarşı bis an den Keban Dere. Es setzt sich aus mehreren Halden zusammen. Auf einer Fläche von ca. 5 ha beträgt die abgeschätzte Menge 30 000 bis 40 000 t. Grünlichgraue, meist stark blasige, massive Fayalitschlacke wechselt mit seltener vorkommender Plattenschlacke. Ihre Größe variiert von einigen cm bis mehreren dm, kleinere Stücke überwiegen. Die Dorfmitte ist auf Schlacken gebaut. Bei Palu Çarşı, hinter der Moschee, ist auf einer Länge von 9 m eine ehemalige Halde mit bis zu einem Meter Mächtigkeit aufgeschlossen. 300 m südöstlich der Moschee ist in einem Rohrleitungsgraben Schlacke mit ca. 80 cm Mächtigkeit angeschnitten. Im

⁴⁸ Vgl. Anm. 1, S. 535.

⁴⁹ v. d. Kaaden, mündliche Mitteilung.

⁵⁰ J. J. Egli, *Nomina Geographica* (Leipzig 1893) s. v. Kjeban Maden 490.

⁵¹ H. v. Moltke, *Briefe über Zustände und Begebenheiten aus der Türkei aus den Jahren 1835-39* (Stuttgart 1984) 214.

⁵² W. W. Smyth, *A Year with the Turks* (London 1854) 114f.

Süddorf ist Schlacke durch einen Weg bis zu 3 m Mächtigkeit freigelegt und nahe der Ortsgrenze des Dorfes am Hang zwischen 4 m und 6 m. In der Schlacke kommen Speiskügelchen, am Palu Çarşı 4 mm große Bleikügelchen und Holzkohlereste vor. Auch dickwandige Gebrauchsgeräte ist zu finden. Zu erwähnen ist eine Halde mit einigen 100 t am Keban Dere-Sükenel (TG 175L-3) unterhalb von Ziya Paşa Çamisi. Hierbei handelt es sich um grünlichgraue, blasige, limonitüberzogene Fayalitschlacke im cm- bis dm-Bereich. Plattige Schlacken sind selten. Ein Schlackenkuchen erreicht ca. 25 cm Durchmesser.

Ein weiteres Schlackenvorkommen am Keban Sirt (TG 175K) wird unterteilt in alte Schlacke (auf 820 m NN) mit 50-60 t und jüngere Schlacke (780-820 m NN) mit 2500-3000 t. Bei der alten Schlacke überwiegen großblasige, massive, z. T. limonitisierter Fayalitschlacken im cm- bis dm-Bereich. Stark blasige und plattige Schlacken kommen in geringerem Umfang vor. Schlackenkuchen mit ca. 6 cm Dicke erreichen einen Durchmesser bis 30 cm. Die jüngere Schlacke setzt sich aus graugrüner, massiger Fayalitschlacke zusammen. Sie ist kaum blasig und enthält Metallkügelchen (evtl. Speis).

Einzelne Streuschlacken sind am Zeytindağ (s. Abb. 19) gefunden worden (TG 175N). Es sind rötlichbraune bis grünlichgraue, blasige Fayalitschlacken, meist faustgroß. Am Nordhang des Zeytindağ, oberhalb des Keban Dere, wurde ein Stück dunkelgrau, wenig blasige Fayalitschlacke, Teil eines größeren Schlackenkuchens, gefunden.

(e) Archäologisch wurden nur wenige Zeugnisse gefunden. Eine Scherbe vom Zeytindağ (TG 175N) deutet auf Urzeit (Eisenzeit?), ebenso die an Stelle verbliebenen Unterlagsplatten. TG 175D weist auf hethitische Abbaue, die möglicherweise den sauber gearbeiteten Strecken mit rechteckigem Querschnitt und gerundeten Ecken entsprechen. Die jüngere Abfolge lässt sich von Fırat 1 (14.-17. Jahrhundert) über Fırat 2 bis zur Ausbaustufe mit sorgfältig verlegten Lutten (TG 175H und F-9) verfolgen, was dem Bergbauaufschwung nach 1840/50 Rechnung trägt. Nur für Fırat 1 liegen bei der Etibank-Direktion verbliebene Funde vor. Die Ruinen am Zeytindağ stammen aus dem vorigen Jahrhundert. Das ¹⁴C-Datum der offenen Grube TG 175F8 belegt mit der Holzkohle im Versatz die Nachuntersuchung des 17. Jahrhunderts (HD 9487-9300, mit 265 ± 30 B. P. = kalibriert entsprechend 1640 n. Chr., inkl. Fehler 1630-1660 n. Chr.).

TG 176 Ergani Maden, Prov. Elazığ

(a) Ergani Maden (ältere Schreibweise: Argana Maden)

⁵³ A. Çağatay, Genetische Ergebnisse einer geologisch-mineralogischen Untersuchung der Kupferlagerstätten und -vorkommen in Südostanatolien. MTA-Bull. Ankara 89, 1977, 48-74.

– am Oberlauf des Tigris gelegen – ist eine der größten im Abbau befindlichen Kupferlagerstätten (MTA 133: 80/4-Cu-1) der Türkei. Die Lagerstätte grenzt mit ihren Gruben und Aufbereitungsanlagen unmittelbar an den Bergbauort Maden. Obwohl die Lagerstätte in das Schrifttum unter den Namen Ergani und Ergani Maden eingegangen ist, darf sie nicht mit dem 20 km entfernten Ort Ergani in der Nachbarprovinz Diyarbakır verwechselt werden. Maden liegt an der seit dem Altertum wichtigen Durchgangsstraße, die entlang der Tigrisschlucht verläuft und Obermesopotamien mit dem inneranatolischen Hochland verbindet. Diese verkehrsgünstige Lage, das Vorkommen giediger und oxidischer Kupfererze und alter Bergbaureste haben wiederholt zu Vermutungen veranlaßt, in Ergani Maden die wesentliche Rohstoffquelle des prähistorischen Kupfers Anatoliens zu sehen (s. Anm. 6). Der Abbau der Kupfererze erfolgt im Tagebau Ana Yatak (TG 176A), der mit 1,2 km Länge und 140 m Tiefe riesige Dimensionen erreicht (Taf. 79, 2). Der nördlich am Berghang gelegene Tagesbruch Mihrap Dağ (auch nach einem deutschen Bergingenieur »Weiss« genannt; TG 176B) ist 1937 aufgelassen worden. Alte Abbauspuren mit Stollenmundlöchern, Erzhalde und vereinzelten Schlacken finden sich am westlichen Hang Suroğlu (TG 176C) ca. 100 m oberhalb der Bahnstation von Maden. In der Umgebung des großen Tagebaus wurden an der Stelle Arpameden (TG 176E) Halden mit Erz, Abraum und Schlacken und am westlichen Rand (TG 176F) ältere Bergbauspuren mit kleinen Tagesbrüchen, Erzhalde und Schlacken besucht. Eine Schlackenhalde befindet sich im Tigristal am südlichen Ortsausgang von Maden an der Stelle Özmaden Dağ (TG 176D). Am Mızır Tepe (TG 176G), 2 Kilometer südlich von Ergani Maden, liegt am Nordhang ein Tagesbruch. Wenige Streuschlacken wurden auf dem Rücken des Mızır Tepe gefunden.

(b) Ergani Maden liegt im Bereich der zweiten großen Kupferprovinz der Türkei, die sich entlang einer Überschiebungszone an der arabischen Tafel von Iskenderun über Ergani und Siirt im SE des Landes erstreckt (Anm. 25). Die Lagerstätte liegt in den Iraniden, einem Zweig des alpidischen Orogens⁵³. Die hier vorherrschenden Gesteine sind kristalline Schiefer, Marmore, Ultramafite, Gabbros, Diabase, Tonschiefer, Radiolarite und Sedimente der Maastricht-Transgression⁵⁴. Bei Ergani Maden sind drei tektonische Einheiten Anatoliens zu unterscheiden. Es sind die Iraniden, die Randfalten (Irakiden) und der arabische Block⁵⁵. Die Gesteine der Iraniden werden eingeteilt in Gesteine des Grundgebirges mit basischen bis ultrabasischen Magmatiten und Serpentiniten, Chromiten

⁵⁴ A. Helke, Die Kupfererzlagerstätte Ergani Maden in der Türkei. N. Jb. Miner. Abh. 101, 1964, 233-270.

⁵⁵ S. Ketin, Über die tektonischen Ergebnisse der Gelände-aufnahme des Gebietes Ergani-Egil in Südostanatolien.

und kristallinen Schiefern, einschließlich Marmor. Es folgen die Gesteine des Deckgebirges mit Vulkaniten und Sedimenten der Geosynklinale und eine Strand- und neritische Fazies. Die Randfalten werden aufgebaut aus alttertiärem Flysch, aus Lutet-Kalken (nummulitenführend) und miozänen Ablagerungen des Aquitan. Außerdem kommen Basalt- und Serpentinitstöcke vor. Die Randfalten gehen nach Süden in den Arabischen Block über, dessen miozäne Sedimente fast horizontal liegen. Die Iraniden sind in südöstlicher Richtung über den Randfaltengürtel überschoben. Diese, der alpidischen Orogenese zuzurechnenden Vorgänge haben zu einer Faltung und Verschupfung der Gesteinsserien an der iranidischen Überschiebungsfront geführt. Dieser Vorgang wird im Zusammenhang mit der Bildung der Lagerstätten im Gebiet um Ergani Maden gesehen (Anm. 53).

Die Kupfererzlagerstätte Ergani Maden umfaßt zwei Hauptvorkommen, die Ana Yatak-Grube (TG 176A) und die Mihrap Dağ-Grube, auch als »Weiss«-Vorkommen bezeichnet (TG 176B). Das Vorkommen von Kisabekir (TG 177) kann hinsichtlich seiner Vererzungsform aufgrund seiner mineralogischen, geologischen und tektonischen Ähnlichkeit zu den beiden obengenannten Vorkommen hinzugerechnet werden. Die Grube Ana Yatak – großer Tagebau (TG 176A) – liegt in einer Mulde, die NW-SE streicht und an beiden Enden spitz zuläuft. Sie hat eine Längserstreckung von ca. 700 m mit einer Breite von 250 bis 300 m. In der Grube fallen drei Störungsrichtungen auf⁵⁶. Die erste verläuft parallel zur Längserstreckung der Grube in NW-SE Richtung. Eine fast vertikal verlaufende Störung unterteilt die Grube in einen NW- und einen SE-Teil. Im Westteil sind verschiedene vertikale Störungen zu erkennen. In der Ana Yatak wird zwischen zwei Zonen der Sulfidvererzung unterschieden (Anm. 53, 56): die Derberzone (massiv sulphide Zone) und die Imprägnationszone, einer im Liegenden der Derberzone befindlichen Chloritmasse gang- und gängchenförmiger Sulfidmineralisationen.

Das Derberz der Grube Ana Yatak lässt sich in drei Erztypen gliedern⁵⁷ (s. auch Anm. 54): in das Gelberz, das Schwarzerz und das Erz mit Kolloidalstruktur. Das Gelberz hat ein homogenes Aussehen; es besteht aus überwiegend feinkörnigem und feinverwachsenem Pyrit und Kupferkies, wobei der Kupferkies die Grundmasse bildet. Im Gelberz findet man gelegentlich Zonen mit Sphalerit und Pyrrhotin. Im Schwarzerz ist Pyrit vorherrschend, ferner kommen Digenit und Covellin vor. Das Erz mit Kolloidalstruktur besteht aus grobem, kugeligem Pyrit, Melnikovit-

Pyrit (oder Gelpyrit), Markasit und Covellin (Anm. 53, 54). Das Vorkommen von Ana Yatak zeigt eine ausgeprägte sekundäre Teufenzonierung. Unter der Oxidationszone (mit Malachit und anderen sekundären Kupfererzen mit einem Kupfergehalt von 2-3 %) folgt eine sekundäre sulfidische Reicherzzone, für die Tylecote (Anm. 10) Kupfergehalte von 25 % angibt. Helke (Anm. 54) erwähnt Durchschnittsgehalte von 9-11 % und verweist auf ältere Quellen, die von Kupfergehalten bis 14 % berichten. Der größte Teil der Hauptlagerstätte ist als Reicherzkörper ausgebildet, wobei das Gelberz 80-85% des Reicherzkörpers ausmacht (Anm. 54), der Anteil des Schwarzerzes bei 15 % liegt und das Erz mit den groben Kolloidalstrukturen mit ca. 5% am Aufbau des Reicherzes beteiligt ist.

Bei dem Vorkommen von Ana Yatak ist am westlichen Tagebaurand noch ein Teil der Oxidationszone sichtbar. Diese Oxidationszone ist hier auf einer Breite von 80 m mit einer Höhe von ca. 50 m durch den Tagebau angeschnitten. Die Hauptminerale sind hier Digenit, Covellin, Malachit und etwas gediegen Kupfer. Durch den vertikalen Schnitt des Tagebaus ist der allmähliche Übergang von sekundärem sulfidischem zu oxidiertem und karbonatischem Erz gut erkennbar. Der untere Teil der Oxidationszone ist gekennzeichnet durch ein massiges Erz. Im oberen Bereich kommt karbonatisches Erz vor, hauptsächlich Malachit und etwas Azurit. Hier lässt sich auch gediegen Kupfer in kleineren Mengen finden. Die Größe des gediegenen Kupfer liegt im cm- bis mm-Bereich.

Die Mihrap Dağ-Grube (»Weiss«-Vorkommen) (TG 176B) zeigt sich in ihrem Aufbau ähnlich⁵⁸. Im Derberzbereich sind Pyrit, Kupferkies, Pyrrhotin und Zinkblende die vorherrschenden Erzminerale. Mikroskopisch sind ferner Magnetit, Digenit, Covellin und Ilmenit zu erkennen. Das unterlagernde Nebengestein des Weiss-Vorkommens sind dunkelgrüne, chloritische Tonschiefer. In einem großen Teil des Weiss-Vorkommens ist es zur Ausbildung eines Eisernen Hutes gekommen⁵⁹.

Die Vererzung der Vorkommen Ana Yatak (TG 176A), Mihrap Dağ (TG 176B) und Kisabekir (TG 177) wird als Hauptvererzung bezeichnet (Anm. 53, 54). Kleinere Kupfererzvorkommen in der Umgebung von Maden werden in Vor- und Nachvererzungen eingeteilt (Anm. 53). Die Vorvererzung wird auf die Zeit des Entstehens der Gesteine der alpidischen Geosynklinale gelegt, während die Hauptvererzung zeitlich der Bildung der betreffenden Überschiebungszone zuzuordnen ist. Als Nachvererzung werden im Gebiet um Maden kleinere Kupfervererzungen bezeichnet, deren

Revue de la Faculté des Sciences de l'Université d'Istanbul 15, 1950, 153-160.

⁵⁶ T. Bamba, Ophiolite and Related Copper Deposits of the Ergani Mining District, ES Turkey. MTA-Bull. Ankara 86, 1976, 36-50.

⁵⁷ M. A. Sirel, Die Kupfererzlagerstätte Ergani Maden in der Türkei. N. Jb. Miner. Abh. 80, 1949, 36-100.

⁵⁸ A. Çağatay, Erzmikroskopische Untersuchungen des Weiss-Vorkommens bei Ergani Maden, Türkei und genetische Deutung der Kupfererzlagerstätte von Ergani Maden. N. Jb. Miner. Abh. 109/1-2, 1968, 131-155.

⁵⁹ F. Behrend, Die Kupfererzlagerstätte Arghana Maden in Kurdistan. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 33, 1925, 23-34.

Entstehung auf posttektonische Einflüsse zurückgeführt wird.

(c) Der Bergbau in Ergani Maden⁶⁰ wird von Ergani Bakır Isletmesi der Etibank betrieben. Als Ressourcen werden für Ana Yatak 2,7 Mio t und für Mihrap Dağ 0,2 Mio t Kupfererz angegeben. Die Reserven betragen knapp 9 Mio t. Der große Tagebau Ana Yatak wird seit 1937 mit modernen Abbaumethoden betrieben. Ihm sind die noch von Pilz⁶¹ überlieferten, zahlreichen alten Grubenreste vollständig zum Opfer gefallen. Nach der Kartenskizze von Pilz sind am Anfang des 20. Jahrhunderts auf dem Hügel, der inzwischen vollständig abgebaut ist, alte Abbauspuren und Pingen zu sehen gewesen. Tylecote (Anm. 10) berichtet noch von alten Gruben sowohl in der Eisernen Hut-Zone als auch in der sekundären Reicherzzone. Wegen der ausgeprägten, sekundären Teufenzonierung der Lagerstätte mit karbonatischen und gediegenen Kupfererzen in der Oxidationszone, sulfidischen Erzen und gediegenem Kupfer in der sekundären Reicherzzone und sulfidischen Kupfererzen in der Primärzone muß es sich hier um ein interessantes Beispiel für die Entwicklung der frühen Bergbautechnik in Abhängigkeit vom Erztyp gehandelt haben. In der Hoffnung, daß der Tagebau in seiner jetzigen Ausdehnung noch nicht das gesamte Verbreitungsgebiet der alten Gruben erfaßt hatte, wurden die unmittelbare Umgebung und die Wände des Tagebaus – allerdings ohne Erfolg – abgesucht. Bei der Erschließung der Bedeutung, die Ergani Maden für die Anfänge der Kupfermetallurgie besessen hat, wird man wohl vor allem auf Analysenvergleiche zwischen Kupfererzefekten mit den Erzen aus diesem Vorkommen, insbesondere auch mit dem gediegen vorkommenden Kupfer (Taf. 80, 1) angewiesen sein. Die Bergbauspuren TG 176F am westlichen Rand des großen Tagebaus umfassen kleine Tagebrüche mit Halden aus großstückigen Brauneisenerzen, aber selten Malachit und gediegen Kupfer. Wahrscheinlich wurden hier die Eisenoxide für Verhüttungszuschläge im Zusammenhang mit der Kupfergewinnung um die Jahrhundertwende gewonnen. Reste alten Bergbaus wurden am westlichen Hang der Tigrisschlucht oberhalb des Bahnhofs (TG 176C; Abb. 23) aufgefunden. Nach Auskunft der Anwohner hat man in dem ca 100 x 100 m großen Haldenareal noch in jüngster Zeit Nachschürfungen angestellt, wobei sich Bergarbeiter bei Haldenmaterial, das etwa 6 % Cu beinhaltet, durch Ablieferung dieser Materialien an die Hütte ihren Lohn ein wenig aufzubessern konnten. Dadurch sind einige ältere, prähistorisch anmutende Schürfe wieder angeschnitten oder nachgefahren worden. Diese Tätigkeit wurde wegen zu geringer Kupfergehalte im Haldenmaterial wieder eingestellt. Dieser Bereich wurde im Maßstab 1:100 von uns

kartiert (s. Abb. 23); dabei wurden in einem Areal von rund 30 x 30 m zehn kleine Schächte mit Weitungen als Abbautaschen angetroffen, jedoch nirgendwo das Anstehende erreicht. Manche moderne Rösche mag dabei ältere Spuren überfahren haben; trotz des kleinstückigen Haldenmaterials sind dabei keine Funde zu beobachten gewesen, weshalb in Bezug auf das Alter nur über die prähistorisch anmutende Gestalt der unregelmäßigen Abbaue Vermutungen angestellt werden können.

(d) Knapp oberhalb der zuletzt beschriebenen Stelle am Punkt Suroğlu (TG 176C) liegen 1 bis 2 t Schlacke auf einer Fläche von ca. 400 m². Hierbei handelt es sich um rötlichgraue, fayalitische Schlacke, oft mit Ofenwandkeramik, Kalkstein oder Schiefer verbacken. Die Schlacken enthalten Kupferstein. Mitunter sind Erzbrocken mit Schlacke verbacken. Auch versinterte Erzstücke sind zu finden. Die Schlacke ist blasenarm, jedoch kommen auch stark blasige Stücke vor. Oft ist ein Malachitüberzug erkennbar. Grünlichgraue, fayalitische Schlacke ist selten. Auf der Halde wurden Reste von junger Gebrauchsgeramik gefunden. Am Özmaden Dağ (TG 176D) (früherer Name: Kalhane) sind Reste einer ehemaligen, vermutlich hundert Tonnen großen Schlackenhalde auf 600 m² verteilt. Es sind hell- und dunkelgraue, fayalitische Schlacken massiger und plattiger Ausbildung und wenig blasig. Diese Verhüttung stammt nach Birgi (s. Anm. 6) aus ottomanischer Zeit.

Bei Arpamedeni (TG 176E) wird zwischen zwei Schlackenvorkommen unterschieden, der »älteren« Schlacke, die mit 100-200 t auf einer Fläche von 400 m² liegt, und einer »modernen« Schlacke mit einer Menge von ca. 8000 t auf 1000 m². Bei der alten Schlacke handelt es sich um grünlichgraue, z. T. reichlich blasige Fayalitschlacke, die oft stark limonisiert ist oder einen Malachitüberzug zeigt. Sie ist reich an Holzkohleresten. Gelegentlich lassen sich Gipsausblühungen beobachten. Auch sind bis zu cm-große metallische Kupferstücke in der Schlacke zu finden. Stellenweise wurden Kupfersteinstücke, reich an metallischem Kupfer, beobachtet. Die moderne Schlacke ist grünlichgrau, massig und wenig blasig. Ferner kommen graue bis rötlichgraue, metallisch glänzende Schlacken und grauer, feinkörniger verkitteter Schlackengrus vor. Am westlichen Tagebaureich wurden einige Streuschlacken gefunden, die vermutlich verschleppt wurden sind.

Einzelne Streufunde sind am Mızır Tepe (TG 176G) auf einer Fläche von 30 m² gemacht worden. Es sind massig-knollige Fayalitschlacken mit Malachitüberzug, fayalitische Plattenschlacke und stark blasige Fayalitschlacke. Verstreut wurden einzelne dickwandige Gebrauchsgeramikstücke beobachtet.

⁶⁰ Eine umfassende Literaturzusammenstellung über Ergani Maden findet sich in Muhly (vgl. Anm. 7) 199f.

⁶¹ R. Pilz, Beitrag zur Kenntnis der Kupfererzlagerstätten in der Gegend von Arghana Maden. Zeitschr. f. prakt. Geologie 25, 1917, 191-201.

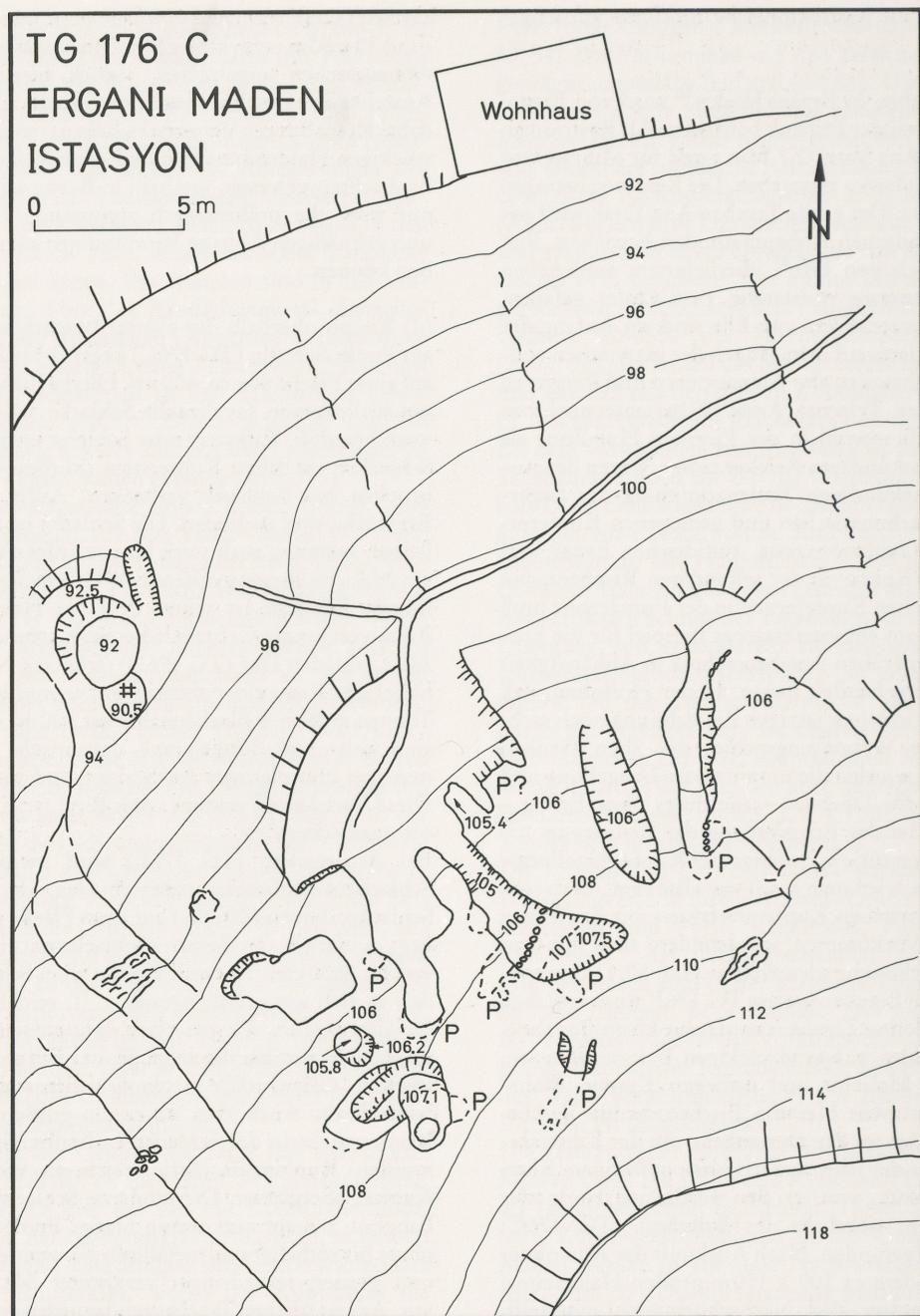


Abb. 23 Ergani Maden (TG 176). Planskizze vom Westhang der Tigrisschlucht oberhalb des Bahnhofs mit Resten altertümlichen Bergbaus (P = vermutlich prähistorisch).

1893 berichtet Naumann (Anm. 34), daß das in Ergani Maden produzierte Schwarzkupfer auf Kamelen über eine Entfernung von 400 km nach Tokat gebracht worden sei. Dies wird auch schon 1838 bei v. Moltke (Anm. 51) erwähnt.

(e) Als die bedeutendste Kupferlagerstätte der Türkei existiert über Ergani Maden eine reiche bergbauliche

und archäologische Literatur, auf deren Auflistung an dieser Stelle verzichtet werden soll. Eine Zusammenfassung früherer Literatur geben Muhly (Anm. 7) und Birgi (Anm. 6). Jedoch sei auch noch erwähnt, daß ein Teil der Literatur sich oftmals nur spekulativ mit Ergani Maden auseinandersetzt.

In Ergani Maden sind Zeugen vergangener bergbaulicher Tätigkeiten einer zunehmenden Intensivierung

des Bergbaubetriebes zum Opfer gefallen, so daß ihre Rekonstruktion oftmals nur anhand älterer Literatur vorgenommen werden kann (Anm. 61,10). An keiner Stelle wurde Keramikführung beobachtet, die ältere Abbauspuren oder Verhüttung belegt. Daß das Grubenfeld über der Bahnhstation prähistorisch sein könnte, wurde schon erwähnt.

TG 177 Kisabekir, Prov. Elazığ

(a) Das Kupfervorkommen von Kisabekir liegt 8 km ESE von Maden. Man erreicht es von der Straße Maden in Richtung Ergani nach 12 km über die osmanische Tigrisbrücke abzweigend. Von hier sind es über eine Erdstraße am Nordufer 5 km tigrisabwärts bis zum großen Tagebau (TG 177A; Taf. 80,2) 1 km westlich des Dorfes Kisabekir. Auf halbem Wege der Erdstraße finden sich zum Tigris einige Schürfgräben (TG 177B) auf Brauneisen mit grünblauen Kupfersekundärmineralen. 50 m oberhalb der Fahrstraße soll sich ein alter Stollen befinden, der aber nicht aufgefunden wurde.

(b) Das Vorkommen von Kisabekir (TG 177A) ist in seinem geologischen und mineralogischen Aufbau mit den Vorkommen von Ergani Maden (TG 176A und B) gleichzusetzen. Das Erz besteht aus einer Derberz- und Imprägnationserzzone (Anm. 53). Die Derberzmasse von Kisabekir wird linsenförmig mit einer NE-SW-Erstreckung von ca. 90 m und einer Breite von ca. 30 m beschrieben. Die Derberzmasse war im Hangenden von einer 1-2 m mächtigen und im Liegenden von einer 8-10 m mächtigen Chloritschiefermasse umhüllt, die die Imprägnationserzzone gebildet hat. Das Hangende des Erzvorkommens bilden Tonschiefer und Kalke, im Liegenden, unterhalb der Imprägnationserzzone, finden sich Sedimente der Geosynklinale mit zwischenlagernden Spiliten. Ähnlich dem »Weisskalk-Vorkommen wird auch bei Kisabekir ein großer Eiserner Hut beschrieben (Anm. 53). Die mineralogische Zusammensetzung des Derberzes von Kisabekir ähnelt den Vorkommen von TG 176A und B. Jedoch hat hier die Bildung der großen Oxidationszone zur Anreicherung deszendernter Minerale im Derberz geführt.

(c) Der Tagebau Kisabekir erstreckt sich 100 m in E-W Richtung, ist 50 m breit und ca. 25 m tief. Die Grubensohle bildet ein ca. 10 m tiefer See. Der Tagebau wurde von der Etibank betrieben und 1970 aufgelassen. Der Tagebau soll an Stelle einer älteren Grube mit Stollen angelegt worden sein, die aber dadurch zerstört wurde. Bei der Begehung des Tagebaus und seiner Umgebung wurden keine Bergbaureste beobachtet. Hier sollen nach Tylecote (Anm. 10) 100000 t eines Erzes mit 9% Cu und 15% ZnS gefördert worden sein.

(d) Nach Auskunft eines Dorfbewohners sollen in der Umgebung des Tagebaus Schlacken vorkommen, was aber trotz mehrstündigen Absuchens der Oberfläche nicht bestätigt werden konnte. Tylecote (Anm. 10) berichtet ebenfalls von alten Schlacken mit 2-3% Cu in der Umgebung der Grube.

(e) Archäologische Funde wurden nicht gemacht.

TG 178 Kedak, Prov. Elazığ

(a) Das Kupfervorkommen (MTA 133: 81/1-Cu-1) beim Dorf Kedak (alter Name: Kamberetepe)⁶² liegt 38 km nordöstlich von Maden und 20 km südöstlich von Palu. Man erreicht es über Erdstraßen von Maden über Guleman oder von Palu aus. Das Vorkommen ist intensiv abgebaut worden, wovon verstürzte Mundlöcher, Erz- und Schlackenhalde und Hangterrassen (Taf. 81,1) zeugen. Es liegt am östlichen Hang des Kedak Dere, in unmittelbarer Nähe des Dorfes. Eine topographische Übersichtsskizze mit Bergbau- und Verhüttungsspuren findet sich bei Tylecote (Anm. 10).

(b) Das Vorkommen findet sich in einer Serie von Mergeln mit zwischengeschalteten Melaphyren, die gegen eine Serpentinitfolge gefaltet ist. Das generelle Streichen der Mergelserie verläuft in nordost-südwestlicher Richtung. Bei dem Vorkommen von Kedak hat sich eine Oxidationszone mit limonitischem Erz und sekundärem Kupfererz ausgebildet. Ein Gang mit einer Breite von ca. 3 m ist pyritführend und z. T. verquarzt. Er kann über eine Länge von ca. 400 m verfolgt werden. Der Vererzungstyp von Kedak ist mit dem Vorkommen von Ergani Maden gleichzusetzen.

(c) Am östlichen Hang des Kedak Dere wurden mehrere verstürzte Grubeneingänge und Reste von Tagebrüchen beobachtet. Am Hang ziehen sich mehrere Erzhalde mit Pyrit und Kupferkies hin; die größte davon wird auf 5000 t geschätzt. Der Bergbau dürfte größtenteils in das 19. Jahrhundert gehören. Die vorhandenen Bergbau- und Verhüttungsreste von Kedak deuten auf Kupfergewinnung aus dem 19. und 20. Jahrhundert hin; Funde, die auf eine frühere Gewinnungsphase weisen könnten, wurden nicht gemacht. Vor 30 Jahren soll der Bergbau aufgelassen worden sein.

(d) Zwei Schlackenhalde mit 1000 t bzw. 10000 t liegen am Westhang des Karacalintepe. Häufig zeigen die Schlacken Ausblühungen von sekundären Kupfermineralen. Tylecote (Anm. 10) beschreibt mehrere Röstöfen und einen Verhüttungssofen auf dem südlichen Hügel.

(e) Archäologische Funde wurden nicht gemacht.

⁶² Bei Tylecote (vgl. Anm. 10) als Geydek bezeichnet.

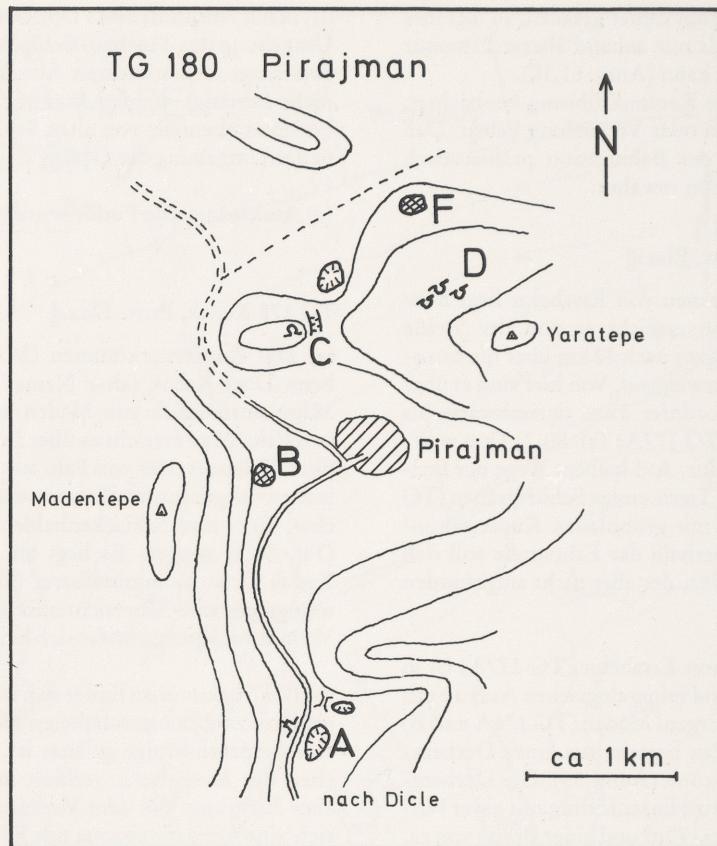


Abb. 24 Pirajman (TG 180). Lageskizze.

TG 179 Haçan, Prov. Elazığ

(a) Das Kupfervorkommen Haçan liegt 13 km westlich von Maden. Man erreicht es über eine Erdstraße, die von Maden am großen Tagebau vorbei sich auf den Höhenrücken windet. Auf dem Eski Mağara-Hügel, 700 m östlich des Dorfes Haçan, finden sich Bergbauspuren.

(b) Das Vorkommen Haçan zeigt sich mit einer schwachen Kupfervererzung in einer Schieferfolge, die im Eisernen Hut-Bereich liegt. Die Haupterzminerale sind Limonit und Malachit. Unweit der Oxidationszone dieses Vorkommens wurde ein Erzausbiß mit Kupferkies, Pyrit und Magnetit beobachtet. Der Ausbiß hat eine Breite von 1 m und ist einige Meter zu verfolgen. Hierbei handelt es sich um massiges Primärerz, das mit dem Derberz der Vererzung von Ana Yatak zu vergleichen ist.

(c) Am Osthang eines Baches sind ein verfülltes Gesenke und Stollen zu sehen. Reichlich Haldenmaterial mit Brauneisen, Kupferkies und Pyrit ist zu finden. Der jetzt aufgelassene Bergbau hat den Eisernen Hut eines Kupfervorkommens erschlossen. Es muß sich dabei um junge Aktivitäten handeln.

(d) Auf den Erzhalden wurde an einer Stelle ein kleiner Schlackenhaufen von 20 kg gefunden, der jedoch wahrscheinlich von anderswoher angefahren worden ist.

(e) Archäologische Zeugnisse sind nicht bekannt.

TG 180 Pirajman, Prov. Diyarbakır

(a) Das Blei-Silber-Zink-Vorkommen von Pirajman (MTA 133:81/3-Pb-Zn-1) liegt 40 km östlich von Maden. Man erreicht es über Ergani und Dicle und von hier über 10 km Erdstraße nach Nordosten. Der Ortsname von Pirajman wurde kürzlich zu Kursunlu geändert. Bergbauspuren finden sich 2 km östlich des Dorfes (Abb. 24) bei der Stelle Cayiroğlu (TG 180A), auf dem Asağı Kullülük Tepe (TG 180C) nordwestlich des Dorfes und am Calabaş Tepe (TG 180D) in 1500 m NN nördlich des Dorfes. Schlacken kommen am Fuß des Maden Tepe bei Maden Yeri (TG 180B) südlich des Dorfes und im Sattel Dol (TG 180F und G) auf 1370 m NN nördlich des Dorfes vor, ferner bei Navalı-An (TG 180H), am östlichen Ende des Dol-Sattels.

(b) Die Geologie wird bestimmt von einer Folge von

Sedimenten der Oberkreide bis Untereozän, die eine antiklinale Struktur aufweisen. Überlagernd folgen Kalksteine und Mergel des Mitteleozän. Die Kalksteine sind an Störungen schwach vererzt mit Bleiglanz und Zinkblende. Die Vererzung ist z. T. stark aufoxidiert und weist ferner Cerussit, Galmei und sekundäre Kupferminerale auf. Auch sind Karsterscheinungen im Kalkstein zu beobachten, die ebenfalls eine schwache Nachvererzung erkennen lassen.

(c) Die Bergbaureste bei Cayiroğlu (A) umfassen an der Erdstraße ein verschüttetes Stollenmundloch und Erzhalden mit Bleiglanz, Cerussit, Galmei und Malachit. Am gegenüberliegenden Talhang finden sich in der Nähe eines rezenten Schurfs zwei Halden mit kleinstückigen Erzen aus der Oxidationszone. Es ist zu vermuten, daß diese Halden einer älteren (prähistorischen ?) Bergbauphase – im Gegensatz zu grobem Haldenmaterial bei der Erdstraße – zugehören. Auf dem Gipfel des Asağı Küllük Tepe (B) fährt ein verstürzter Stollen eine Vererzung mit Brauneisen, Cerussit und Sulfosalzen in Kalken an. Von hier zieht sich nach Norden eine Geländestufe ca. 30 m hangabwärts (Taf. 81,2). Die Unregelmäßigkeiten der Wand weisen auf eine künstliche Anlage hin. Vermutlich handelt es sich um eine Tagesbruchwand – wenn auch stark verwittert – einer frühen (prähistorischen ?) Blei-Silber-Gewinnung. Weiter hangabwärts, an der Stelle Perek, gibt es größere Halden aus Kalksteinabraum. Erze wurden im Abraum nicht beobachtet. Hier soll vor vierzig Jahren noch Bleiglanz abgebaut worden sein.

Am Westhang des Calabaş Tepe (D) befindet sich in 1500 m NN ein großer, aufgelassener Tagesbruch (40 m breit, 20 m hoch) in verkarstetem Nummulitenkalk. Der Hang östlich des Tagesbruchs ist von Bergleuten völlig durchwühlt worden. Zahlreiche Mundlöcher und Halden prägen die vernarbte Oberfläche (Taf. 82,1). Abgebaut wurden auch hier die Blei-Silber-Erze in den oberflächennahen limonitischen Zonen. Vermutlich sind diese Mundlöcher einer früheren Bergbauaktivität als der Tagesbruch zuzuordnen.

(d) In der Nähe von Pirajman gibt es mehrere Hinweise auf Verhüttung der lokalen Blei-Silber-Erze. Einzelne Streufunde von graugrüner, wenig blasiger, fayalitischer Schlacke wurden im Bachbett bei Cayiroğlu (TG 180A) gemacht. Bei Maden Yeri (TG 180B) liegt eine Halde von Bleischlacke mit ca. 1000 t Menge. Die ca. 0,5 m mächtige Schlackenlage ist mit Weinstöcken bepflanzt. Die Schlackenbrocken sind glasig, schwer und besitzen häufig metallische Bleieinschlüsse und eingeschlossene Holzkohle. Oberhalb der Halde sind ofenähnliche Mauerreste erhalten. Es finden sich auch noch Reste der verhütteten Erze: Bleiglanz, Cerussit, Galmei und Zinkblende. Nach Erzählungen der Dorfbewohner sollen hier Bleibarren erschmolzen und nach Maden zum Verkauf transportiert worden sein. Bei dem Punkt Dol (TG 180F), am westlichen Ausgang des Bergsattels, liegen 150-200 t Schlacke auf

ca. 15 a. Hierbei handelt es sich überwiegend um erbse- bis haselnussgroße, selten faustgroße Schlacke, die z. T. helle Gesteinseinschlüsse und mm-große Speisbrocken führt. Es wird zwischen mehreren Schlackentypen unterschieden: leichte, sehr poröse Schlacke; blasig-massige, schwere Schlacke; Plattenschlacke (selten); stark limonitisierte, blasige Schlacke und Schlacke mit Ofenstein. Ferner liegen bei Dol, ca. 1 km NW von Yara Tepesi, drei kleine Halden mit ca. 300 t Schlacke auf einer Fläche von 12 a. Es handelt sich um cm- bis dm-große Fayalitschlacke mit Bleiweißüberzug und metallischen Bleikügelchen. Bei Navalı-An (TG 180H) liegen 50 bis 100 t Schlacke auf Halde, überwiegend cm-große, blasige Fayalitschlacke und dünnplattige Fayalitschlacke.

(e) Die Scherbenführung ist überall nur mittelalterlich.

TG 181 Ortabaraka, Prov. Elazığ

(a) Das Kupfervorkommen Ortabaraka liegt 10 km nordöstlich von Maden. Man erreicht es über die Fahrstraße nach Guleman. Auf halbem Wege – unweit des Dorfes Sahuran Köy – sind südlich der Straße im Bachbett auf 980 m NN Basalte mit Kupfervererzungen aufgeschlossen (Taf. 82,2).

(b) In spilitischen Kissenlaven ist das Vorkommen von Ortabaraka als ein ca. 10 cm breites, horizontales Band aufgeschlossen. Es läßt sich auf eine Distanz von ca. 15 m verfolgen. Das Erzband führt Pyrit, Bornit, Kupferkies, Chalkosin und Covellin. Die dem Erzband unterlagernden Tonschiefer zeigen Vererzungsscheinungen. Die Entstehung dieses Vorkommens wird im Rahmen der Vererzung im Gebiet um Ergani Maden als syngenetische, sedimentäre Bildung (Anm. 53) im Zyklus der Vorvererzung angesehen.

(c) Die Kupfererze (Kupferkies und Malachit) werden hier im Tagebau als »Einmannbetrieb« gewonnen. Alter Bergbau wurde nicht beobachtet. Er ist im Bachbett aufgrund der stark fortschreitenden Erosion zu erwarten.

(d) Schlacken sind nicht bekannt.

(e) Archäologische Funde wurden nicht gemacht.

TG 182 Karoli, Prov. Elazığ

(a) Das Kupfervorkommen Karoli liegt ca. 35 km ENE von Elazığ in einem tief eingeschnittenen Tal, das nach Westen zum Keban Baraj entwässert. Die Ortschaft Karoli erreicht man von der Straße Elazığ-Palu in Richtung Çaybağı abzweigend und 40 km auf Erdstraßen in etwa nordwestlicher Richtung fahrend. Beim neuen Schulhaus von Karoli (Sattel, 1180 m NN) steigt man 100 m nach Westen in die tieferodierte Schlucht hinab.

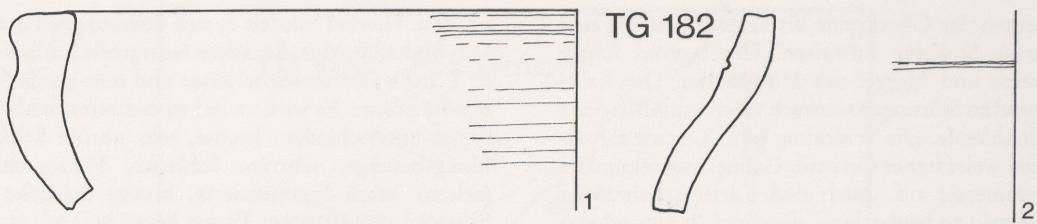


Abb. 25 Karoli (TG 182). Schale und Wandscherbe, braunrot, handgemacht; eisenzeitlich. – M = 1:2.

- (b) Bei dem Vorkommen handelt es sich um einen ca. 15 cm breiten Gang einer Kupfervererzung. Dieser Gang sitzt seiger in Diabasen, die von Pillow-Laven überlagert werden. Der Gang führt neben Kupferkies und Pyrit auch Baryt.
- (c) Bergbauspuren sind nicht beobachtet worden und in der stark erodierten Schlucht auch nicht zu erwarten.
- (d) Verhüttungsspuren sind keine bekannt.
- (e) Zwei handgemachte Scherben auf der Kuppe hinter der neu errichteten Schule sind wohl eisenzeitlich (urartäisch ?); sie könnten mit einer Bergbauaktivität in Zusammenhang stehen (Abb. 25).

TG 183 Madenköy, Prov. Siirt

- (a) Die Kupferlagerstätte Madenköy (MTA 133: 83/3-Cu-1) befindet sich 25 km nordöstlich von Siirt. Man erreicht sie von Siirt aus nach 35 km Fahrstrecke über unbefestigte Straßen an Sirvan vorbei. Mehrere Schlackenhalde (TG 183C,D) und der aufgelassene Bergbau (TG 183A,B) erstrecken sich gegenüber dem Dorf hangaufwärts (Taf. 83,1) zwischen 1400 und 1500 m NN.
- (b) Die Vererzung findet sich in einer mächtigen Folge von Pillowlaven, die von eozänen Sedimenten überlagert wird. Im Lagerstättenbereich werden Gesteine zweier verschiedener Orogenen beschrieben⁶³. Permo-karbonische Kalke treten im Süden und Norden der Lagerstätte auf. Sie bilden den oberen Teil einer paläozoischen Serie, die die Bitlis-Masse aufbaut. Diese Kalksteine sind Vulkaniten und Sedimenten der alpidischen Geosynklinale überschoben (Anm. 53). Bei der Vererzung wird ähnlich Ergani Maden zwischen Derberz und Imprägnationserz unterschieden. Die Derberzmasse ist hauptsächlich pyrit-, kupferkies- und magnetitführend und hat eine linsenförmige Ausdehnung. In den spilitischen Laven und Diabasen des Lagerstättenbereichs sind an Klüften und Spalten

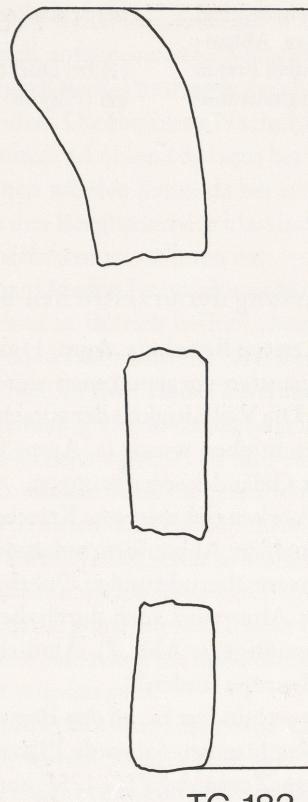
kleine vererzte Gängchen zu sehen, die jedoch stark aufoxidiert sind und in der Regel sekundäre Kupferminerale führen.

(c) Vom einstigen Bergbau in Madenköy zeugen jetzt nur noch große Erz- und Abraumhalden, die sich über mehrere Hektar ausdehnen. Die ehemaligen Gruben-eingänge sind nur noch an den davorliegenden Halden zu erkennen. Die Gruben wurden vor einigen Jahren aufgelassen. Die z. Zt. laufenden Prospektionsarbeiten lassen baldige Wiederaufnahme des Bergbaus vermuten.

(d) Am Fahrweg oberhalb des Bachlaufs sind zwei große Schlackenhalde angeschnitten. Die südliche Halde (TG 183D) erstreckt sich über eine Hangschulter und wird auf 5000 bis 10000 t Inhalt geschätzt (Taf. 83,2). Die Schlacken reichen von cm- bis dm-Größe, sind dicht und schwer, z. T. plattig mit ausgeprägten Fließstrukturen. Häufig sind sie durch grüne und blaue Ausblühungen sekundärer Kupferminerale ausgezeichnet. Dickwandige Düsenfragmente treten oft auf. Auf der Kuppe wurde in einem 0,8 m tiefen Schurf (Taf. 84) unter einem 30 cm mächtigen oberflächlichen Schlackenhorizont eine 30 cm mächtige Schicht mit verschwemmtem Sand festgestellt. Darunter folgen wieder Schlacken, die Düsenfragmente, gebrannten Ofenlehm und Holzkohle enthalten. Die nördliche Schlackenhalde (TG 183C) enthält ca. 20000 t Schlacken, ebenfalls mit sekundären Kupferausblühungen. Die 4 m mächtige Schlackenhalde hat an ihrer Oberfläche einen Eisernen Hut ausgebildet. Düsenfragmente, Ofenkeramik und Gefäßkeramik finden sich häufig zwischen den Schlacken. An der Wegböschung zwischen beiden Halden sind mehrere Röstöfen angeschnitten, die durch ihre violetten und roten Farben auffallen. Dieser Befund spricht für Verhüttung sulfidischer Erze.

(e) Die wenigen Lesescherben sind mittelalterlich und jünger. Dennoch scheint es sich um ein reiches Bergbaugebiet zu handeln, da in der Straßenböschung unterhalb der Schlackenwürfe Schichtmächtigkeiten von 1,2 m bis 2 m zu beobachten sind, wobei Trocken-

⁶³ H. Borchert, Die Chrom- und Kupfererzlagerstätten des initialen ophiolithischen Magmatismus in der Türkei. MTA-Publ. 102 (Ankara 1958).



TG 183

Abb. 26 Madenköy (TG 183). Düsenbruchstück, gelblichgrau; mittelalterlich. – M = 1:2.

mauern auf rotbraungebrannten, waagerechten Verebnungen einige dm hoch aufragen und andeutungsweise mehrere Bauphasen zu beobachten sind. Die Düsenreste (Abb. 26) aus den Haldenwürfen und jungen Schlackenröschen wirken altägyptisch. Jedoch ist das Holzkohlematerial in den Schlackenwürfen hochmittelalterlich (HD 9488-9305 für TG 183D; 930 ± 30 B. P. = kalibriert entsprechend 1040 oder 1100-1150 n. Chr. und nach Berücksichtigung der Fehler 1020-1160 n. Chr.). Die TL-Feinkornalter eines Düsenfragments (K436) aus Halde TG 183D ergaben 1110 n. Chr. ± 75 a. An einem Fragment Ofenkeramik (K435) aus der Schlackenhalde TG 183C wurde ein TL-Feinkornalter von 915 n. Chr. ± 95 a bestimmt.

TG 184 Hedyogan, Prov. Siirt

(a) Das Kupfervorkommen Hedyogan liegt 5 km östlich von Madenköy am N-Hang ca. 60m über der Talsohle.

(b) Durch einen Fahrweg ist in einer Tonstein-Mergelserie eine schwache Kupfervererzung aufgeschlossen. Die Erzminerale sind Kupferkies und Pyrit. Die Vererzung verläuft schichtparallel.

(c) An der steilen Wegböschung sind in einer vererzten (Kupferkies, Pyrit) Ton- und Mergelfolge Einwölbungen zu sehen, die möglicherweise auf kleinen Tagebau betrieb zurückzuführen sind. Das Vorkommen und die fraglichen Bergbauspuren sind unbedeutend.

(d) Schlacken sind nicht bekannt.

(e) Archäologische Funde wurden nicht gemacht.

TG 185 Sizma-Bakırlik, Prov. Konya

(a) Das Kupfervorkommen Sizma-Bakırlik (MTA 133: 91/4-Cu-1) ist über die Straße Konya-Afyon zu erreichen. Von Konya kommend, biegt man nach 25 km nach Westen in Richtung Sizma ab. Nach 12 km erreicht man das Dorf. Ca. 3 km nordöstlich des Dorfes Sizma, am Südwesthang des Caltepe, ist in 1450 m NN eine Kupfervererzung zu finden.

(b) Die Vererzung kommt im Kalkstein vor. An Erzmineralen finden sich Chalkosin, Malachit und Azurit.

(c) Es sind fünf runde Schürfe vorhanden mit einem Durchmesser von einigen Metern und einer Tiefe bis

zu 3 Metern. Die Schürfe sind in neuerer Zeit angelegt worden. Sie stammen aus einer englischen Abbauphase kleineren Umfangs, aus der Zeit vor dem Ersten Weltkrieg (Anm. 13). Anzeichen älteren Bergbaus sind nicht zu beobachten.

(d) Schlacken sind in der Gegend nicht bekannt.

(e) Im Dorf Sizma befindet sich ein alter Siedlungshügel (Hüyük).

I.B., C.E., Ö.Ö., T.C.S., G.A.W.

3. Zusammenfassung der urzeitlichen Bergbauspuren

In diesem Abschnitt soll, wie schon im ersten Bericht (s. Anm. 1) eine vorläufige montan-archäologische Beurteilung der beobachteten Bergbauspuren vorgenommen werden. Dabei richtet sich das Hauptaugenmerk auf urzeitliche Abbauspuren. Die Vielfältigkeit der verschiedenen Abbauphasen und ihre deutliche Zuordnung, wie sie aus Balya beschrieben wurde (s. Anm. 1 S. 540-549), dienen dabei als Erfahrungsgrundlage für die Beurteilung der Geländebeobachtungen.

Zu den ältesten Abbauspuren zählen »korkenzieherartige« Kriechgesenke, wie sie schon von Sifnos bekannt sind⁶⁴. Sie weisen eine unregelmäßige Abbauform auf und folgen meist direkt der Vererzung. Es sind aber auch steile Gesenke mit einem annähernd runden Querschnitt zu beobachten, die unmittelbar dem Gangstreichen folgen⁶⁵. Ihr hohes Alter wird auch durch die Holzkohle aus dem unteren Versatz in der Grube TG 165A-1 in Gümüş bestätigt (s. Abb. 7). Ähnliche Abbauformen des prähistorischen Bergbaus lassen sich ebenfalls in Mitteleuropa finden⁶⁶.

Als Vertreter des ältesten Bergbaus, der zumindest bis an den Beginn der Frühbronzezeit zurückreichen dürfte, sind aufgrund der Geländebeobachtungen folgende Plätze zu nennen: Ergani Maden İstasyon (TG 176C), Derealan (TG 164B), Keban-Zeytindağ (TG 175F und N), Gümüşhane (TG 171B und C), Gümüş (TG 165) und Karadağ (TG 172).

In Ergani Maden İstasyon (TG 176C) war das Bergbaugelände unter einer heute einheitlich wirkenden Halde nur deswegen entdeckt worden, weil hier bis vor kurzem erneut nach Erzresten geschürft wurde und – wie auch in Mitteleuropa bis in die Neuzeit üblich – die Abraumhalden nochmals überarbeitet wurden⁶⁷. Da aber der Kupfergehalt im Erz doch keinen wirtschaftlichen Abbau ermöglichte, sind die heute teilweise noch offenen Schürfe vorzeitig verlassen worden. Hier ist auffällig, daß im Gegensatz zur heutigen Praxis keine Arbeitsbühne an der Tagesoberfläche geschaffen wurde, die genügend Bewegungsfreiheit bei den Schürfarbeiten geboten hätte. Die nachgefahrenen Aufschlüsse sind jedoch alle so eng, daß es unmöglich ist, sich in ihnen umzudrehen, d.h. man muß sich mit den Füßen voraus mühsam zurückziehen, wenn man die Grube wieder verlassen will. Solche kurzen, in den Berg vorgetriebenen Strecken dienen nicht der Erschließung einer Lagerstätte, sondern sind zur Gewinnung kleiner Erzpartien angelegt. Daneben beobachtet man Schürfgräben mit einer Breite von oft über einem Meter, die von der modernen Prospektion stammen und gut von den alten engen Abbauen zu unterscheiden sind. Weiterhin gibt es hier auch Abbaue unbekannten Alters, die einen annähernd kreisförmigen Querschnitt aufweisen und als enge Schächte angelegt sind. Sie zeigen keinen Schachtausbau, wie er im geregelten modernen Bergbau (d. h. seit etwa Agricolas Zeiten)⁶⁸ üblich ist. Sie haben also keine verschiedenen Bereiche für Förderung und Fahrung. Durch die Enge bedingt, war entweder die Förderung oder das Aus- und Einfahren der Bergleute möglich, jedoch nicht beides gleichzeitig.

⁶⁴ G. Weisgerber, Bemerkungen zur prähistorischen und antiken Bergbautechnik. In: G. A. Wagner u. G. Weisgerber, Silber, Blei und Gold auf Sifnos. Der Anschnitt, Beih. 3 (1985) 86-112.

⁶⁵ Vgl. auch: H. G. Conrad, L. Fober, A. Hauptmann, W. Lieder, I. Ordentlich u. G. Weisgerber, Untersuchungen zur Bergbautechnik und ihre Interpretation. In: H. G. Conrad u. B. Rothenberg, Antikes Kupfer im Timna-Tal. Der Anschnitt, Beih. 1, (1980) 69-95.

⁶⁶ C. Eibner, Kupferbergbau in Österreichs Alpen. In: Südosteuropa zwischen 1600 und 1000 v. Chr. Prähist. Arch. in Südosteuropa 1 (Bochum 1982) 399-408.

⁶⁷ Als Beispiel sei Kitzbühel herausgegriffen: M. Rupert, Zur Geschichte des Berg- und Hüttenwesens in der Herrschaft Kitzbühel bis ins 17. Jahrhundert. Arch. Austriaca 54, 1973, 1-149, bes. 57 z. B. zum Jahr 1524.

⁶⁸ G. Agricola, Vom Berg- und Hüttenwesen. dtv-bibliothek (1977) Abb. S. 94.

Leider wurden in Ergani Maden İstasyon weder Artefakte noch anderweitig datierbares Material gefunden. Der einzige im Kartierungsbereich aufgenommene Schacht war mit Versatz und Haldenmaterial verfüllt, d. h. es wurden Hohlräume durch taubes und gering erzhaltiges Gestein (Berge)⁶⁹ aufgefüllt, um ein Einstürzen der Strecken zu vermeiden. Die moderne Nachuntersuchung erreichte jedoch nicht seine Sohlen. Man kann also nur einen terminus ad quem (de facto bis heute) angeben, obwohl als terminus a quo sicher ein hohes Alter angenommen werden kann, da bei straffer Bergbauführung, etwa in hethitischer oder urartäischer Zeit – ähnlich den Bergbauen der klassischen Antike – mit entsprechend weiterentwickelten Vortriebs- und Abbaumethoden zu rechnen ist.

Ein ähnlicher Untertagetypus wie Ergani Maden İstasyon wurde in Derealan (TG 164B) beobachtet. Der ältere Abbau ist durch einen noch heute in Betrieb befindlichen Kleintagebau gut aufgeschlossen. An einem felsigen Abhang am nahegelegenen Bach sind die Strecken annähernd waagerecht vorgetrieben, folgen aber immer der Vererzung, die hier im Bereich des Eisernen Hutes liegt. Sie haben eine Länge von maximal zehn Metern und sind unregelmäßig übereinander angelegt. Ähnlich wie in Ergani Maden İstasyon sind sie nur zur Gewinnung des Erzes vorgetrieben und enden, sobald sie auf taubes Gestein stoßen. Diese Form des Abbaus wird z. B. auch in Sifnos angetroffen (s. Anm. 64). In Derealan sind die Stollenquerschnitte ebenfalls so eng, daß in ihnen ein Wenden nicht möglich ist. Diese Kriterien lassen für diesen an sich undatierten Bergbau prähistorisches Alter annehmen, zumal de Jesus (s. Anm. 27) anhand der Schlackenwürfe hethitische Aktivitäten nachweisen kann, die nach unseren Daten zumindest bis in die römische Kaiserzeit reichen. Daß dabei keine ältere Schlacke gefunden wurde, kann vielleicht darauf zurückzuführen sein, daß prähistorische Schlacken oft hohe Metallgehalte aufweisen und deshalb in jüngerer Zeit häufig wieder aufgearbeitet worden sind.

In Keban am Zeytindağ (TG 175F und N) läßt sich eine große Zahl altertümlicher Abbaue beobachten, denen bis in jüngere Zeit nachgefahren wurde. So sieht man anhand eines ¹⁴C-Datums, daß in der prähistorischen Grube TG 175F8 in der Zeit der ersten technischen Hochblüte (knapp nach oder um 1800 n. Chr.) wieder nachgearbeitet worden ist. Hier sind noch befahrbare Kriechstrecken erhalten geblieben, die von der Oberfläche aus bis in ein erzfreeses Höhlensystem reichen. Diese Strecken sind im Hangenden einer steilgestellten Vererzung angelegt und führen über eingebrochenen Versatz. Als Anzeichen zahlreicher späterer Aktivitäten bei der Erzsuche findet man Durchbrüche, Versatzmäuerchen und kesselartige, teilweise wieder versetzte Weitungen im Bereich von Erzspuren. Die Grube ist von einem Tagebaustrichter ausgehend befahrbar (s. Abb. 20). Der Zeytindağ weist noch eine Reihe gleicher Bauformen und »korkenzieherartige« Streckenführung auf, was zur Annahme eines hohen Alters berechtigt. Ein weiterer Hinweis darauf ist der Fund von Klopfsteinen (s. Abb. 22) und Unterlagsplatten, die der Erzaufbereitung dienten. Die Klopfsteine weisen auf der Schlagseite flache Mulden auf. Derartige Aufbereitungswerze sind von mehreren prähistorischen Bergbauplätzen bekannt (s. Anm. 64).

Die Unterlagsplatten (Amboßsteine) und Klopfsteine am Zeytindağ sind aus ortsfremdem Gestein. Da für die Aufbereitung des ausgebrachten Erzes eine gewisse Härte des Arbeitswerkzeugs notwendig war, liegt es nahe, daß diesbezüglich taugliche Gesteine sogar über größere Entfernung zum Aufbereitungsort transportiert worden sind⁷⁰.

In Gümüşhane (TG 171B und C) wurden enge verzweigte Kriechstrecken und »korkenzieherartige« Gesenke, ähnlich den oben beschriebenen, angetroffen, die prähistorisch sein könnten. Das ¹⁴C-Alter einer Holzkohle aus Grube TG 171C deutet auf eine hochmittelalterliche Nachuntersuchung hin.

Auch geradlinig geführte Strecken können, wie schon angedeutet, prähistorischen Alters sein. In Gümüş wurde in der Grube TG 165A-1 ein älterer, verhärteter Versatz angetroffen, der von jüngeren, lockeren überlagert wird. Die hier beobachteten engen Kriechstrecken, die zum großen Teil einen ovalen Streckenquerschnitt aufweisen, führen neben den schon oben beschriebenen Kriterien prähistorischer

⁶⁹ Der Bergeversatz als Abbautechnik ist aus dem Mitterber-ger Kupfererzbergbau bekannt: F. Kirnbauer, Über die bergmännischen Vortriebsleistungen der Alten. Arch. Austriaca 43, 1968, 115-120.

⁷⁰ Von Sifnos wird berichtet (s. Anm. 64), daß speziell für diesen Zweck Gerölle aus zähem vulkanischen Gestein von anderen Inseln importiert worden sind.

Altersformen zu dem Schluß, daß der harte Versatz prähistorisch sein dürfte. Diese Vermutung wurde durch die ^{14}C -Datierung bestätigt. Ein weiterer Beweis für bronzezeitlichen Bergbau im Gebiet von Gümüş sind die Keramikfunde von TG 165F. Andererseits erbrachte der von seinem Bautyp ähnlich eingestufte Abbau TG 165A-4 ein wesentlich jüngeres ^{14}C -Datum. Auch hier interpretieren wir dieses Ergebnis wieder als jüngere Aufsuchtätigkeit. Es ist aber sicher angebracht zu erwähnen, daß eine wirklich gesicherte Datierung einer Bergbautätigkeit aufgrund einer kurzzeitigen Untersuchung der Grubenanlage schwierig ist.

Leider gibt es für den Karadağ (TG 172) keine Untertagespuren; wir sind über die Abbauweise daher nicht unterrichtet, wohl aber lassen sich aus dem kleinstückigen (nachgearbeiteten?) Versatz der Obertagehalden und seiner Keramikführung (s. Abb. 16) Hinweise auf eine bronzezeitliche Bergbautätigkeit erkennen.

Obwohl die Untersuchung der jüngeren Bergbauspuren nicht das vorrangige Ziel unseres Projekts ist, wäre es doch notwendig, sie zusammenzustellen und zu klassifizieren, um die Unterschiede zum prähistorischen Bergbau schärfer zu fassen und damit zuverlässige Datierungskriterien in die Hand zu bekommen.

Auf diesem Gebiet stehen wir in Anatolien erst am Anfang, und es wird sicher noch detaillierter Untersuchungen einiger Bergbauanlagen bedürfen, um entscheidende Fortschritte zu machen. Dabei werden auch die naturwissenschaftlichen Datierungsmethoden eine wichtige Rolle spielen.

C. E., E. P., T. C. S.

4. Blei-isotopische und chemische Analysen

a. Blei-isotopische Untersuchungen

Aus den mehr als 200 gesammelten Proben wurden 36 für blei-isotopische Analysen ausgewählt. Im einzelnen handelt es sich um 18 Cu-Erze, 11 Pb-Erze, 4 Cu-Schlacken, 2 Pb-Schlacken und 1 Probe gediegenes Cu aus Ergani Maden. Hinzu kommen neun Funde aus der Grabung vom Norşuntepe (5 Cu-Schlacken, 3 Cu-Erze, 1 Probe gediegenes Cu) (s. Anm. 9). Ein Teil dieser Proben wurde bereits von Zwicker⁷¹ halb-quantitativ chemisch analysiert und diskutiert. Die experimentelle Methodik war dieselbe wie im Vorjahr ausführlich beschrieben (s. Anm. 1, S. 574f). Die Isotopenverhältnisse sind in Tabelle 1 und 2 zusammengestellt; die angegebenen Werte sind für die bei der massenspektrometrischen Messung auftretende Massenfraktionierung korrigiert.

Für Karadağ (TG 172) und Keban (TG 175) bestätigt sich, was bereits früher für die westanatolischen Lagerstätten Altınoluk und Balya festgestellt wurde⁷², daß nämlich Proben derselben Lokalität in ihrer Isotopie übereinstimmen. Diese Aussage kann jetzt für Karadağ und Keban entscheidend verschärft werden, denn sie gilt nicht nur für verschiedene Bleierze derselben Lagerstätte, sondern es stimmen Pb-Schlacken mit Cu-Erzen bzw. Pb-Erze, Cu-Erze, Pb-Schlacken und Cu-Schlacken überein.

Bei drei anderen Lagerstätten ist der Befund ähnlich, wenn auch die Schwankungsbreite größer ist. Bei Küre (TG 162) unterscheiden sich die beiden Kupferkiese A 1 und B 2 um etwa 0,2 % im $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnis und um ca. 0,4 % im $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnis; damit vergleichbar sind auch die Unterschiede zwischen den Cu-Erzen und Cu-Schlacken dieser Lagerstätte. Das gleiche gilt – mit Ausnahme der Probe TG 176B-1 – für Ergani Maden, wo primäre und sekundäre Cu-Mineralen, gediegenes Cu und Cu-Schlacke in allen drei Verhältnissen über einen Bereich von 0,5 % streuen. In Derealan (TG 164) schließ-

⁷¹ U. Zwicker, Investigations on the Extractive Metallurgy of Cu/Sb/As Ore and Smelting Products from Norşuntepe (Keban) on the Upper Euphrates (3500-2800 B. C.). In: W. A. Oddy (Hrsg.), Aspects of Early Metallurgy. British Museum Occ. Pap. 17, 1980, 13-26.

⁷² G. A. Wagner, E. Pernicka, T. C. Seeliger, Ö. Öztunalı, I. Baranyi, F. Begemann u. S. Schmitt-Strecker, Geologische Untersuchungen zur frühen Metallurgie in NW-Anatolien. Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institut of Turkey 100-101, 1985, 45-81.

Probe	Lokalität	Art	Pb-Gehalt μg/g	$\frac{208\text{Pb}}{206\text{Pb}}$	$\frac{207\text{Pb}}{206\text{Pb}}$	$\frac{204\text{Pb}}{206\text{Pb}}$
TG 159 B-1	Işık Dağ-Maden Boğazı	Pb-Erz	n. b.	2,0716	0,8355	0,05349
TG 161 B	Yakadere-Tepeyurt Kiltençik Dere	sek. Cu-Minerale, gediegen Kupfer	7	1,6356	0,6827	0,04221
TG 162 A-1	Küre	Kupferkies, Pyrit	40	2,0877	0,8484	0,05435
TG 162 B-1	Küre	Kupferkies, Pyrit	141	2,0920	0,8516	0,05466
TG 162 C-2	Küre	Cu-Schlacke	33	2,0882	0,8491	0,05434
TG 162 E	Küre	Cu-Schlacke	9	2,0869	0,8474	0,05430
TG 164 A-2	Derealan-Bakır Çay	Pb-Erz	n. b.	2,0765	0,8376	0,05362
TG 164 B-2	Derealan-Bakır Çay	sek. Cu-Minerale	4	2,0535	0,8294	0,05306
TG 165 B	Gümüş	Pb-Erz	n. b.	2,0710	0,8352	0,05347
TG 166 A	Piraziz-Madenköy	Pb-Erz	n. b.	2,0861	0,8442	0,05394
TG 167 A-1	Eseli Maden	Pb-Erz	n. b.	2,0884	0,8462	0,05426
TG 170 A-1	Tirebolu-Harşit Köprübaşı	Pb-Erz	n. b.	2,0758	0,8390	0,05365
TG 171 A-1	Gümüşhane-Hazine Mağara	Pb-Erz	n. b.	2,0771	0,8396	0,05368
TG 172-2	Karadağ	Pb-Schlacke	19000	2,0755	0,8373	0,05358
TG 172-3	Karadağ	sek. Cu-Minerale	2800	2,0758	0,8374	0,05361
TG 173-1	Zankar	Pb-Erz	n. b.	2,0892	0,8450	0,05410
TG 174-1	Helva Maden	sek. Cu-Minerale	0,4	2,0705	0,8375	0,05385
TG 175 B-3	Keban-Fırat Batı 1	Pb-Erz	n. b.	2,0449	0,8199	0,05224
TG 175 C-1	Keban-Bamaş	Pb-Erz	n. b.	2,0432	0,8187	0,05219
TG 175 E-1	Keban-Kalhane	Pb-Schlacke	4150	2,0448	0,8200	0,05221
TG 175 F8-2	Keban-Keban Dere	sek. Cu-Minerale	3750	2,0449	0,8203	0,05226
TG 175 K-8	Keban-Sırt	Cu-Schlacke	392	2,0451	0,8204	0,05219
TG 176 A-1	Ergani Maden	Kupferkies, Pyrit	24	2,0605	0,8256	0,05269
TG 176 A-2	Ergani Maden	Kupferkies, Pyrit	0,8	2,0603	0,8275	0,05283
TG 176 A-4	Ergani Maden	gediegen Kupfer	5	2,0543	0,8265	0,05269
TG 176 A-5.1	Ergani Maden	sek. Cu-Minerale	68	2,0593	0,8252	0,05269
TG 176 B-1	Ergani Maden	Kupferkies	0,9	1,8293	0,7430	0,04721
TG 176 C-1	Ergani Maden	sek. Cu-Minerale	100	2,0629	0,8285	0,05296
TG 176 C-4	Ergani Maden	Cu-Schlacke	252	2,0638	0,8291	0,05291
TG 177 A-1	Kısapbekir	Kupferkies, Chalcosin	500	2,0646	0,8304	0,05317
TG 178-1	Kedak	sek. Cu-Minerale	1	2,0578	0,8405	0,05419
TG 180 B	Pirajman	Pb-Erz	n. b.	2,0656	0,8229	0,05225
TG 181-1	Ortabaraka	Kupferkies	160	2,0842	0,8506	0,05495
TG 182	Karoli	Kupferkies	20	2,0577	0,8329	0,05361
TG 183 A-9	Siirt-Madenköy	sek. Cu-Minerale	7	2,0842	0,8417	0,05370
TG 185	Sizma-Bakırlık	sek. Cu-Minerale	120	2,0766	0,8402	0,05350

Tab. 1 Katalog der analysierten Erze und Schlacken aus definierten Lagerstätten Zentral- und Ostanatoliens. Die Isotopenverhältnisse sind für die bei der massenspektrometrischen Analyse auftretende Massenfraktionierung korrigiert; die Fehler der Verhältnisse sind in allen Fällen kleiner als 1%. – Da die Proben nicht in allen Fällen vollständig gelöst wurden, können die Bleigehalte bis zu einem Faktor zwei falsch sein (im allgemeinen zu niedrig). Bei den Bleierzen handelt es sich um Bleiglanz; ihr Bleigehalt wurde nicht bestimmt (n. b.).

lich liegt das Pb-Erz in allen seinen auf ^{206}Pb bezogenen Isotopenverhältnissen um 1% höher als das untersuchte sekundäre Cu-Mineral.

Es sei hier daran erinnert, daß eine Übereinstimmung der istotopischen Zusammensetzung des Bleis in verschiedenen Erzen derselben oder auch verschiedener Lagerstätten dann zu erwarten ist, wenn die Erzbildung gleichzeitig aus einem (oder verschiedenen) Reservoir(s) mit gleichem U, Th/Pb-Verhältnis erfolgte, und wenn sich seit diesem Zeitpunkt die Isotopenverhältnisse nicht mehr merklich geändert haben. Die letztere Bedingung ist bei Pb-Erzen sicher stets erfüllt, denn das durchschnittliche U/Pb-Ver-

Probe	Hauptmann-Nr.	Art	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
Tü 35 a	K 19 I/S//41 Raum AB, NO 74	kristallines Erz	2,0376	0,8207	0,05231
Tü 35 b	K 19 I/S//41 Raum AB, NO 74	kristallines Erz	2,0352	0,8198	0,05224
Tü 36 f	J 18 III/IV//30 Raum M, NO 15.6.74	Sandsteinerz	2,0625	0,8305	0,05294
Tü 36 a	J 18 III/IV//30 Raum M, NO 15.6.74	Schlacke	2,0567	0,8284	0,05283
Tü 37 b	K 18/19 I/II//41 Raum Y, NO 7.8.74	Schlacke	2,0738	0,8374	0,05348
Tü 38 b	J 18 III/IV//41 Raum Ma, NO 27.7.74	Schlacke	2,0893	0,8489	0,05425
Tü 39 b	J 18 III/IV//30 Raum M, NO 26.6.74	Schlacke	2,0651	0,8299	0,05306
Tü 40 a	K 18/19//41 Raum V, NO 20.7.74	Schlacke	2,0622	0,8309	0,05305
Tü 40 g	K 18/19//41 Raum V, NO 20.7.74	metallisches Kupfer	2,0571	0,8245	0,05262

Tab. 2 Isotopendaten für die von H. Hauptmann am Norsuntepe bei der Grabung im Jahre 1974 gefundenen Cu-Erze und Cu-Schlacken (s. Anm. 90). In Spalte 2 sind der genaue Fundort und das Funddatum angegeben. Für die Isotopenverhältnisse gilt das zu Tab. 1 gesagte.

hältnis in der Erdkruste von etwa 0,1⁷³ wird bei der Bildung eines Pb-Erzes so sehr zugunsten des Bleis verschoben, daß der weitere Zerfall des sicher in Spuren vorhandenen Urans und Thoriums keine merkliche Änderung der Blei-Isotopenverhältnisse mehr bewirkt. Ganz anders aber kann die Situation bei der Bildung von Mineralen oder Erzen sein, die nur wenig Blei enthalten. Für sie ist nicht zu erwarten, daß das Blei/Uran-Verhältnis ähnlich stark verschoben ist; in ihnen wird der weitere radioaktive Zerfall des Th und U die Isotopenverhältnisse unter Umständen weiter verändern, so daß selbst kogenetische Erze heute verschiedene isotopische Zusammensetzung haben können.

Bei der »Ausreißerprobe« TG 176B-1 aus Ergani Maden handelt es sich offenbar um einen solchen Fall. Der Kupferkies enthält nur etwa 1 µg/g Blei, und der Unterschied in den Isotopenverhältnissen relativ zu den übrigen Proben dieser Lagerstätte ist genau in dem erwarteten Sinne. Eine quantitative Bestimmung des U, Th/Pb-Verhältnisses ist geplant; sie wird zeigen, ob unsere Vermutung richtig ist. Dasselbe gilt für die Mischung aus sekundären Kupfermineralen und gediegenem Kupfer aus Yakadere (TG 161B), in der trotz des höheren Bleigehaltes von 7 µg/g ein noch extremeres Blei gemessen wurde. Hier fehlt zwar eine bleireiche Vergleichsprobe aus derselben Lagerstätte, aber wir vermuten, daß auch hier die Erklärung ein hohes U, Th/Pb-Verhältnis ist.

Daß nicht generell alle Proben mit niedrigem Bleigehalt auch anomal in der isotopischen Zusammensetzung sein müssen, zeigt etwa TG 176A-2 aus Ergani Maden. Auch sie enthält nur ca. 1 µg/g Blei, ist aber trotzdem in ihrer Isotopie nicht verschieden von den Proben mit 100fach höherem Bleigehalt (TG 176 C-1 und C-4). Offenbar spielen die genauen Bedingungen bei der Erzgenese oder vielleicht die Anwesenheit von akzessorischen Phasen in dem Erz eine Rolle. Dennoch ist die Tendenz allgemein, daß, wenn Proben derselben Lokalität überhaupt verschiedene isotopische Zusammensetzung haben, die mit geringem Bleigehalt mehr radiogenes Blei enthalten als die mit einem höheren Gehalt an Blei (TG 162A-1 relativ zu B-1 und TG 164B-2 relativ zu A-2). Eine Andeutung, daß es sich bei unserer Vermutung nicht um reine Spekulation handelt, entnehmen wir der Dissertation von Berthoud⁷⁴ (dort Annexe S. 48), der in

⁷³ B. Mason, Principles of Geochemistry (3. Aufl. New York, London, Sydney 1966) 46 Tab. 3.3.

⁷⁴ In der lagerstättenkundlichen Literatur sind allerdings meist nur Analysen der ökonomisch interessanten Ele-

gediegenem Cu von Anarak in Persien Urangehalte bis zu 800 µg/g findet und über stark schwankende U/Pb-Verhältnisse zwischen 0,0001 und 10 in Kupfererzen aus dem Iran und Afghanistan berichtet. Für das Problem der Zuordnung von Artefakten zu Lagerstätten ist diese Komplikation nur in seltenen Fällen von Bedeutung. Bei der Analyse der eingangs erwähnten 58 Artefakte aus Troja, der Troas und dem Raum Balıkesir wurden nur für 7 Proben Bleigehalte kleiner als 10 µg/g gefunden (s. Anm. 1). (Für drei der 58 Proben ist in Tabelle 3 der Arbeit ein Pb-Gehalt von 0,0 mg/g angegeben. Es handelt sich dabei um Meßergebnisse der Stuttgarter Untersuchungen⁷⁵. Unsere eigenen Neubestimmungen haben 25 µg/g [HDM 87], 28 µg/g [HDM 96] und 82 µg/g [HDM 267] ergeben). Da sich auf dem Wege vom Erz zum Endprodukt das Cu/Pb-Verhältnis nicht dramatisch ändert⁷⁶⁻⁷⁷, können für alle Artefakte mit höherem Bleigehalt entweder Erze mit sehr tiefen Bleikonzentrationen nicht das Ausgangsmaterial gewesen sein oder aber, wenn sie es doch waren, so muß das vorhandene Blei aus anderen Quellen stammen. In letzterem Fall aber dominiert das Fremblei, und die anomale Zusammensetzung im blei-armen Ausgangserz wird überdeckt. Trotzdem ist es vielleicht bemerkenswert, daß unter den analysierten Artefakten ein Flachbeil aus Troja (HDM 253) ganz ungewöhnlich tiefe Isotopenverhältnisse von $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 1,8010$ und $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 0,7334$ hatte und daß eben dieses auch die Probe mit dem tiefsten Pb-Gehalt von nur 9 µg/g ist. Obwohl die Isotopenverhältnisse sehr ähnlich denen in dem separierten Kupferkies TG 176B-1 aus Ergani Maden sind, halten wir eine Zuordnung des Flachbeils zu dieser Lagerstätte für voreilig. Gerade bei so radiogenem Blei reicht die Evidenz dafür noch nicht aus, und wir ziehen vor, die Spurenelementanalysen in dieser Erzprobe heranzuziehen und auch deren Häufigkeitsmuster in Erz und Artefakt zu vergleichen (s. unten).

Kritischer für das Problem der Zuordnung ist dagegen eine Entwicklung, die zu erwarten war und sich in den Daten deutlich abzeichnet. In Abb. 27 sind in einem Drei-Isotopendiagramm alle im Vorjahr gemessenen türkischen Erze (s. Anm. 72) eingetragen. Das große, durch schraffierte Linien angedeutete Feld markiert den Bereich von etwa 100 Bleierzen aus der Ägäis und den umliegenden Küstenregionen⁷⁸, das kleine den Bereich von 13 Kupfer-Erzen aus Zypern⁷⁹. Im Vergleich zu diesen Bereichen fallen die hier vorgestellten Proben, insbesondere die Keban-Proben (TG 175) links unten und die aus den Lagerstätten der Schwarzmeerküste (Küre TG 162, Piraziz-Madenköy TG 166) rechts oben, außerhalb der Felder (Abb. 28). Das wahrscheinlich schon im Altertum ausgebeutete Ergani Maden (TG 176) (s. Anm. 2) fällt zwar in die linke untere Ecke des Ägäisfeldes und überschneidet sich teilweise mit Blei-Erzen aus Thera (Anm. 5), aber dieser Teil des Diagramms war bisher durch anatolische Proben nicht besetzt. Anders verhält es sich dagegen mit den Lagerstätten aus dem Blei-Silber-Bergbaudistrikt nördlich und nordöstlich von Ankara (TG 159, TG 165) sowie mit dem Kupfervorkommen von Derealan (TG 164) in derselben Gegend. Das Blei dieser Lokalitäten ist isotopisch nicht unterscheidbar von dem einer Reihe westanatolischer Lagerstätten. Ebenso gibt es in der Provinz Izmir Bleierze bei Kemalpaşa (TG 9) und Kurudere (TG 10), die isotopisch nicht von den Kupfererzen von Küre (TG 162) zu unterscheiden sind (Abb. 29). In diesem Bereich des Isotopendiagramms gibt es also mehrere räumlich weit voneinander

mente Kupfer, Zink, Blei, eventuell auch Kobalt und Nickel zu finden. Den für unsere Zwecke vollständigsten Datensatz enthält T. Berthoud, *Étude par l'analyse de traces et la modélisation de la filiation entre minéral de cuivre et objets archéologiques du Moyen-Orient (IVème et IIIème millénaire avant notre ère)*. Thèse Univ. Pierre et Marie Curie (Paris 1979). Die von Berthoud angewandte Analysenmethode ist recht unpräzise, er gibt einen mittleren Fehler von etwa 40 % an. Wegen der großen Schwankungsbreite der hier diskutierten Elemente fällt das aber nicht ins Gewicht. Leider ist aber die Beschreibung der Erze und ihrer Fundsituation unzureichend. Wünschenswert wären auch Analysen über deren Kupfergehalt.

⁷⁵ In der Erläuterung zu Tab. 3 des vorjährigen Berichts (vgl. Anm. 1) fehlt der Hinweis, daß alle unterstrichenen Werte der Arbeit von U. Esin, Kuantitatif Spektral Analiz Yardi-

miyla Anadolu'da. Başlangıcından Asur Kolonileri Çağına Kadar Bakır ve Tunç Madenciliği (İstanbul 1969) entnommen sind.

⁷⁶ R. F. Tylecote, H. A. Ghaznavi u. 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.

⁷⁷ J. F. Merkel, Summary of Experimental Results for Late Bronze Age Copper Smelting and Refining. *Museum Applied Science Center (MASCA) Journal* 2/6, 1983, 173-179.

⁷⁸ Für Hinweise auf die Originalliteratur und die genauen Herkunftsorte der Erze vgl. Anm. 1.

⁷⁹ N. H. Gale u. Z. A. Stos-Gale, Bronze Age Copper-sources in the Mediterranean: a new approach. *Science* 216, 1982, 11-19.

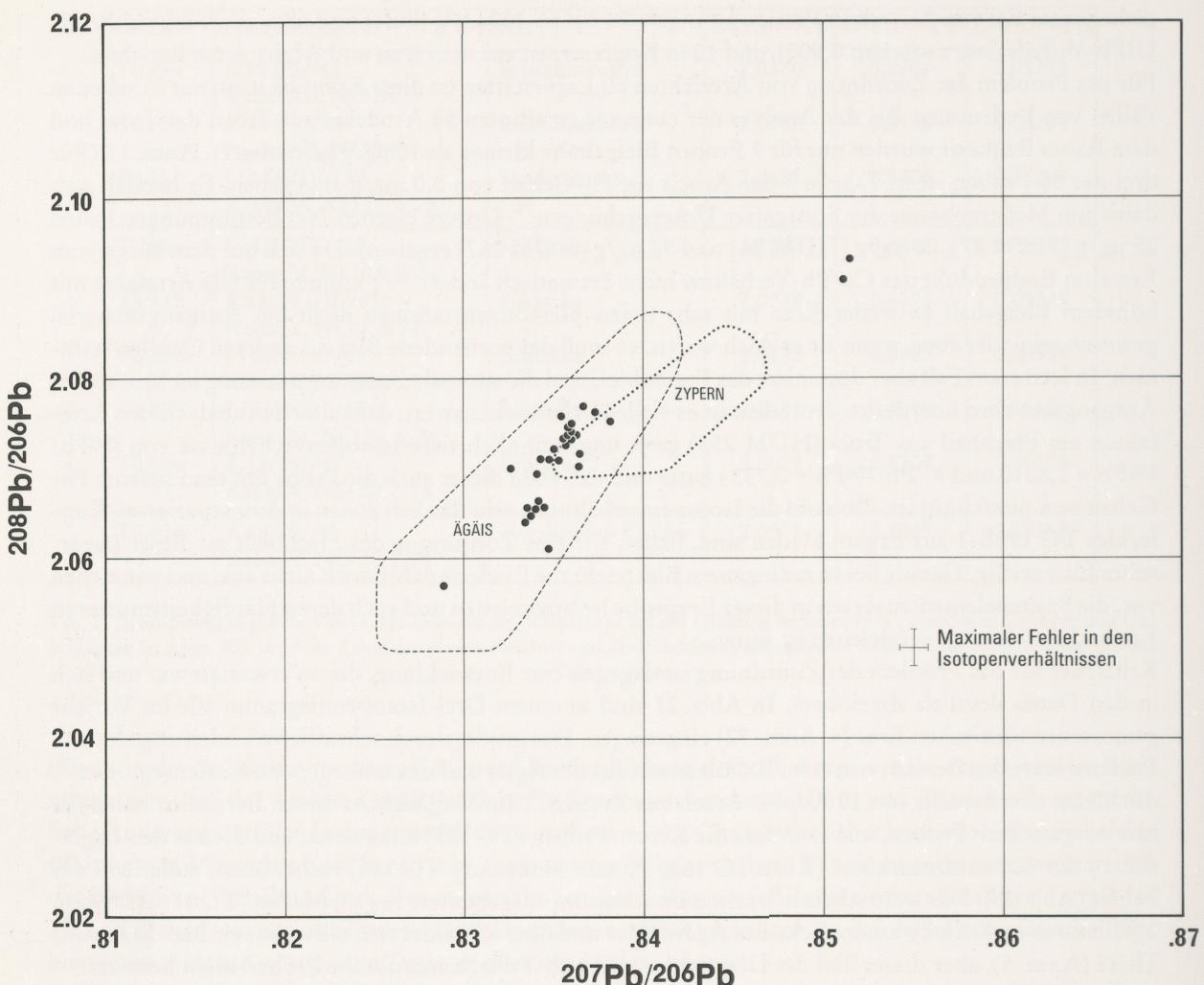


Abb. 27 Bisher veröffentlichte Blei-Isotopenverhältnisse in Bleierzen und -schlacken aus Westanatolien (vgl. Anm. 1 u. 72). Das durch die schraffierte Linie begrenzte große Feld markiert den Bereich, in den bis auf wenige Ausnahmen die Erze aus der Ägäis fallen (Anm. 78), das kleine Feld den Bereich von Cu-Erzen aus Zypern (Anm. 79). Das Kreuz deutet den maximalen Fehler der Isotopenverhältnisse von $\pm 0,1\%$ an.

entfernte Blei- und Kupfervorkommen, die durch isotopische Analysen allein nicht eindeutig charakterisierbar sind. Auch hier wird ein Vergleich der Spurenelementenhäufigkeiten zeigen müssen, ob die Kombination von Isotopie und Spurenelementen eine eindeutige Zuordnung möglich macht.

Vergleich mit Erzen und Schlacken vom Norsuntepe

Die Geländebeobachtungen lassen in Keban (TG 175) frühen Abbau möglich erscheinen, und die Region um Ergani Maden ist wiederholt im Zusammenhang mit prähistorischer Metallurgie als mögliches Produktionszentrum diskutiert worden (s. Anm. 6 u. 7). Die durch das Kebanstaudammpjekt veranlaßten archäologischen Ausgrabungen in dieser Region ermöglichen es heute, solche Vermutungen anhand von Grabungsfunden zu überprüfen. Den größten Siedlungshügel dieses Bereichs bildet der Norsuntepe, dessen Besiedlungsgeschichte vom Chalkolithikum bis in die mittlere Eisenzeit durch Grabungsfunde belegt ist (s. Anm. 9). Für uns sind die metallurgischen Funde aus den chalkolithischen und frühbronzezeitlichen Schichten besonders interessant; sie sind derzeit Gegenstand einer eingehenden Untersu-

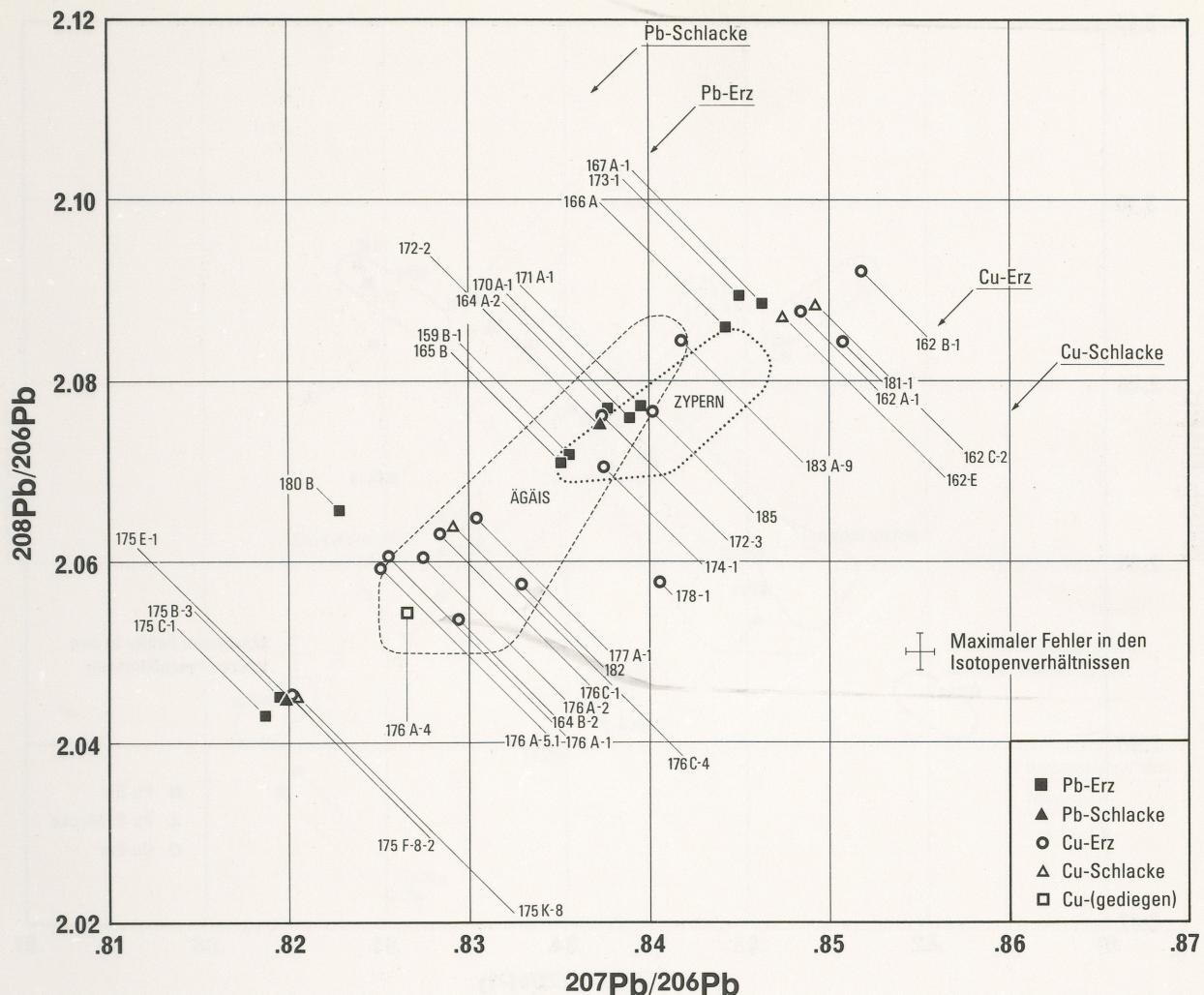


Abb. 28 Blei-Isotopenverhältnisse in Pb- und Cu-Erzen und -Schlacken aus Zentral- und Ostanatolien. Zwei Proben (TG 161B, TG 176B-1) fallen links unten außerhalb der Abbildung (s. Insert in Abb. 31). Zum Vergleich sind die beiden Felder für Erze aus der Ägäis und aus Zypern ebenfalls eingetragen.

chung. Ein Teil dieser Proben war bereits von Zwicker (s. Anm. 71) bearbeitet worden. Um einen Vergleich der beiden Untersuchungen zu erleichtern, übernehmen wir für diese Proben die Bezeichnungen von Zwicker.

Bisher konnte nur eine Auswahl aus den für die Untersuchungen insgesamt vorgesehenen Proben analysiert werden. Die Ergebnisse erscheinen uns aber schon so interessant, daß wir kurz darüber berichten möchten (Tabelle 2).

Die beiden kristallinen Kupfererze (Tü 35a und b) aus der chalkolithischen bis frühurukzeitlichen Schicht 10 stimmen untereinander in allen Isotopenverhältnissen innerhalb der Fehlergrenzen überein; sie kommen zweifellos aus derselben Lagerstätte. Das Sandsteinerz (Tü 36f), ebenfalls aus Schicht 10, dagegen ist nicht nur in seiner chemischen Zusammensetzung, sondern auch in der Pb-Isotopie deutlich davon verschieden (Abb. 30). In seiner isotopischen Zusammensetzung ist es sehr ähnlich dem Blei aus den sekundären Cu-Mineralen TG 176C-1 aus Ergani Maden sowie dem aus dem Kupferkies von Kışabekir (TG 177A-1). Beide Lagerstätten sind ca. 50-60 km vom Norşuntepe entfernt; das Vorkommen von Sandsteinerzen ist aber unseres Wissens in beiden nicht bekannt. Wir finden es bemerkenswert, daß Pro-

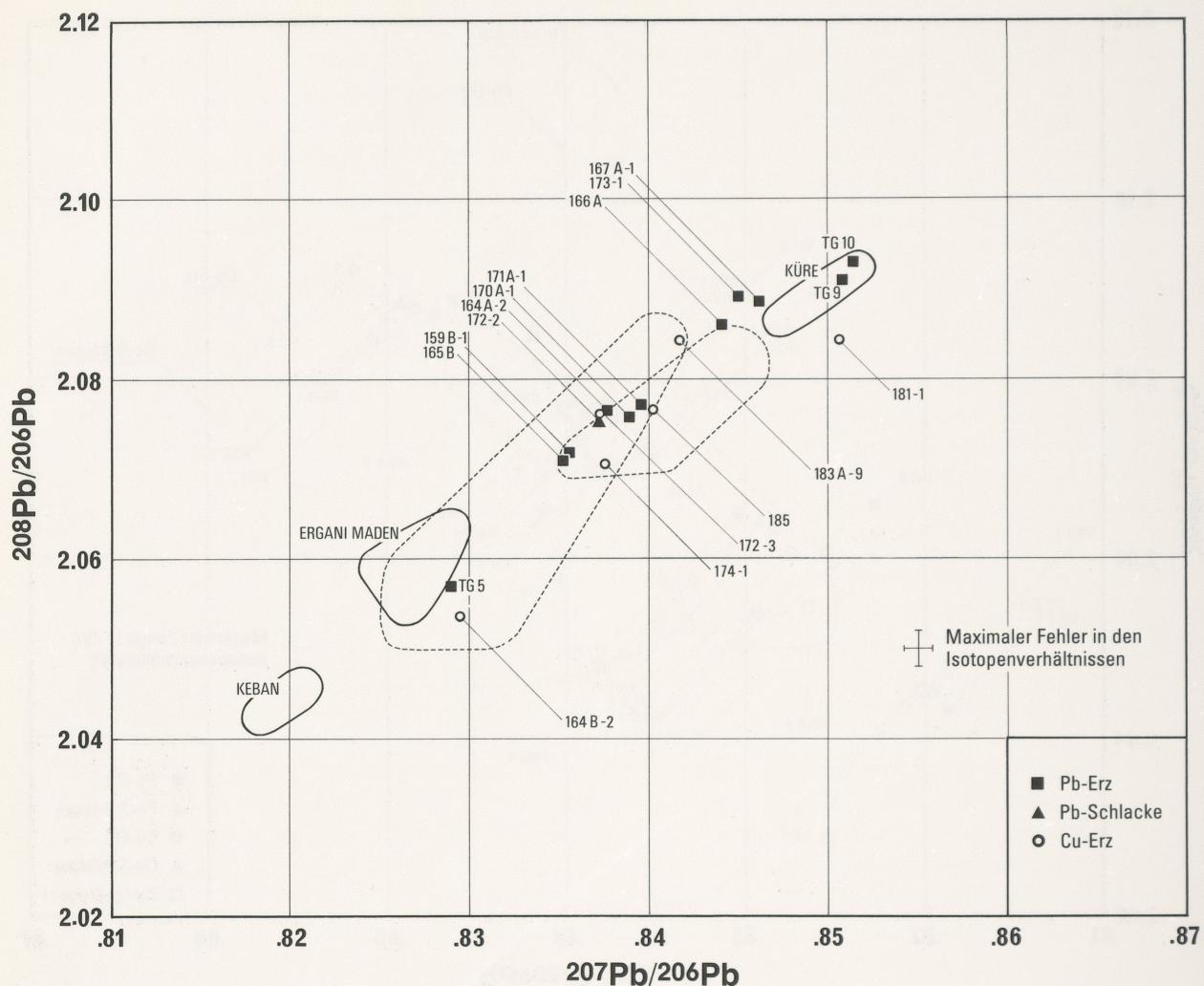


Abb. 29 Zusammenfassung der bisher gemessenen Blei-Isotopenverhältnisse in Pb- und Cu-Erzen und -Schlacken. Zur besseren Orientierung sind die Erze einiger geographischer Regionen zusammengefaßt und nur diejenigen einzeln gekennzeichnet, die räumlich weit entfernt von Lagerstätten sind, in deren Isotopenfeld sie liegen. TG 5, 9, 10 sind aus Gümüldür, Kemalpaşa bzw. Kurudere, alle in Lydien nahe Izmir.^{79a}

ben aus Keban, einer weiteren großen Lagerstätte der Umgebung, bisher nicht vertreten sind (das aus dem Zerfall des Th stammende ^{208}Pb ist in allen Keban-Proben signifikant häufiger als in den beiden kristallinen Erzen, während die $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - und $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnisse übereinstimmen).

Von den fünf gemessenen Schlackenproben fallen Tü 39b und Tü 40a, ebenfalls Schicht 10, zusammen, und sie fallen zusammen mit dem Sandsteinerz (Tü 36f). Zwicker (s. Anm. 71) hat bereits aus dem geringen As- und Sb-Gehalt der Schlacken geschlossen, daß als Ausgangsmaterial nur ein leicht reduzierbares Erz wie das Sandsteinerz in Frage komme, keineswegs aber etwa die beiden kristallinen Erze. Unsere isotopischen Ergebnisse bestätigen diese These. Wir finden aber bisher nicht seine Spekulation bestätigt, die kristallinen Erze seien vielleicht dazu verwendet worden, ein As- und Sb-reiches Zwischenprodukt her-

^{79a} N. H. Gale, Some Aspects of Lead and Silver Mining in the Aegean. *Miscellanea Graeca* 2, 1979, 9-55. – N. H.

Gale u. Z. A. Stos-Gale, Cycladic Lead and Silver Metallurgy. *Ann. Brit. School Athens* 76, 1981, 208.

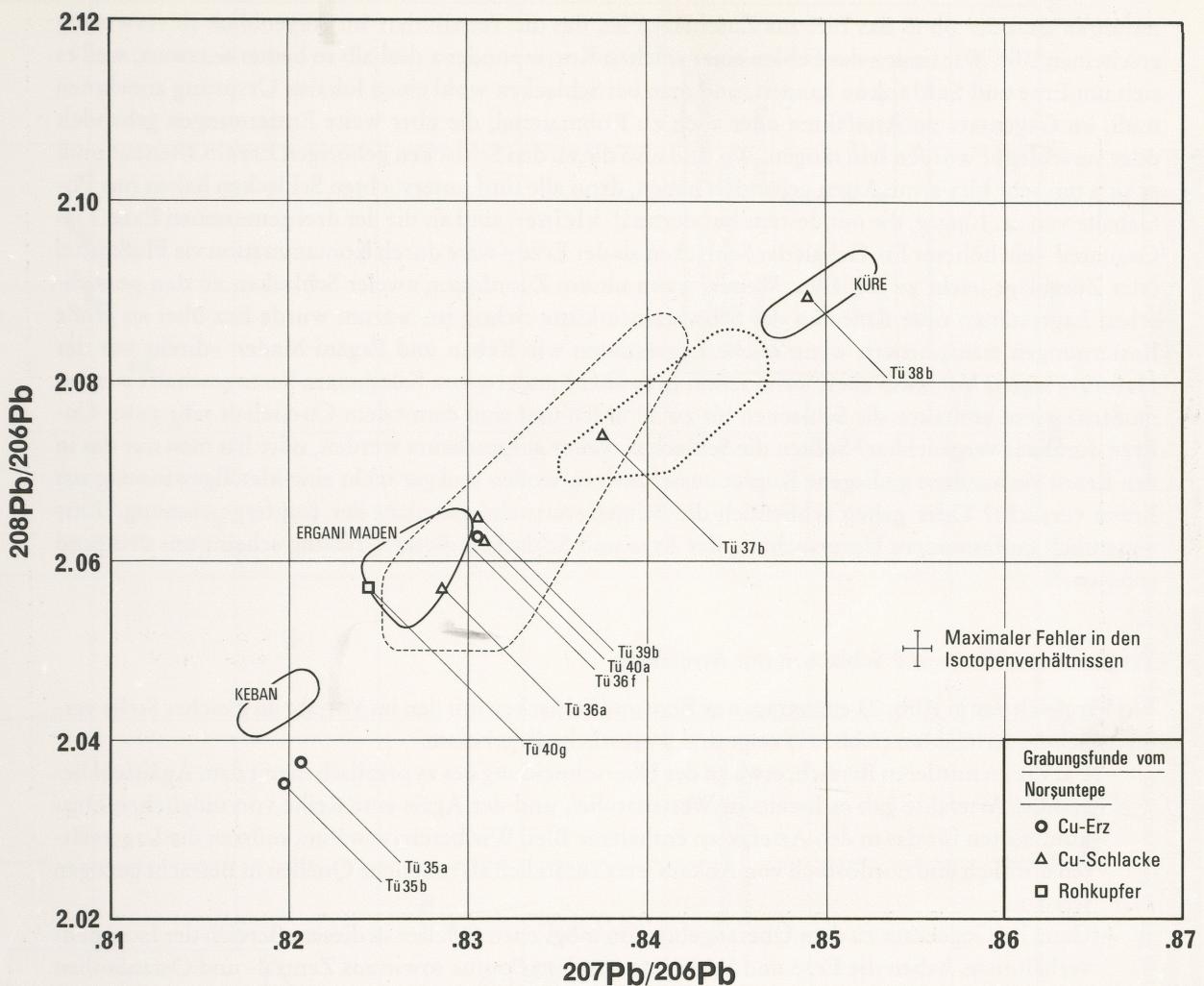


Abb. 30 Blei-Isotopenverhältnisse aus Cu-Erzen und -Schlacken vom Norşuntepe (vgl. Anm. 9). Zur Orientierung sind die Fehler aus Abb. 29 übernommen. Der überraschende Befund ist einmal die große Streubreite der vier Schlacken sowie zum anderen die (noch?) fehlende Korrespondenz zwischen Erzen und Schlacken.

zustellen, das dann seinerseits wieder dazu diente, durch Zusammenschmelzen mit reinem Cu eine dem reinen Kupfer überlegene Bronze zu erzeugen.

Die bisher gemessenen Schlacken (aus Schicht 10) jedenfalls fallen in einen ganz anderen Bereich des IsotopenDiagramms als die As- und Sb-reichen kristallinen Erze. TÜ 37b entspricht recht genau den einige hundert Kilometer nördlich gelegenen ostpontidischen Lagerstätten Tirebolu (TG 170) und Karadağ (TG 172), von denen vermutet wird, daß beide bereits in prähistorischer Zeit ausgebeutet wurden. TÜ 38b fällt oben rechts außerhalb des Ägäisfeldes in denselben Bereich wie die Erze und Schlacken von der Schwarzmeerküste, wobei die Übereinstimmung mit der Cu-Schlacke aus Küre (TG 162C-2) besonders auffällig ist. Für TÜ 36a schließlich gibt es bisher kein Pendant bei den Erzen; die Blei-Isotopie lässt aber einen genetischen Zusammenhang mit dem gediegenen Cu (TG 176A-4) aus Ergani Maden möglich erscheinen. Dasselbe gilt mit noch größerer Wahrscheinlichkeit für die Probe gediegenen Kupfers (TÜ 40g), die wohl eindeutig Ergani Maden zuzuordnen ist.

Es ist zur Zeit noch nicht klar, ob die fehlende Korrespondenz zwischen den Erzen und Schlacken dieser Grabung nur ein statistischer Zufall ist, der auf die geringe Zahl der bisher analysierten Proben zurück-

zuführen ist, oder ob es das Blei aus Zuschlägen ist, das die Verhältnisse im Augenblick so verworren erscheinen lässt. Wir finden das Fehlen einer solchen Korrespondenz deshalb so bemerkenswert, weil es sich um Erze und Schlacken handelt, und man bei Schlacken wohl einen lokalen Ursprung annehmen muß, im Gegensatz zu Artefakten oder auch zu Rohmaterial, die über weite Entfernungen gehandelt oder verschleppt worden sein mögen. Wo sind also die zu den Schlacken gehörigen Erze? Offenbar muß es sich um sehr blei-arme Arten gehandelt haben, denn alle fünf untersuchten Schlacken haben nur Pb-Gehalte von ca. 10 µg/g, die mindestens hundertmal kleiner sind als die der drei gemessenen Erze. Das Gegenteil – ein höherer Pb-Gehalt der Schlacken als der Erze – wäre durch Kontamination via Flußmittel oder Zuschläge leicht zu erklären. Weiter, wenn unsere Zuordnung zweier Schlacken zu den pontidischen Lagerstätten oder denen an der Schwarzmeerküste richtig ist, warum wurde Erz über so große Entfernungen transportiert, wenn reiche Lagerstätten wie Keban und Ergani Maden »direkt vor der Haustür« lagen? Vor allem aber, wenn schon Erze über hunderte von Kilometern herangeschafft werden mußten, wieso enthalten die Schlacken bis zu 30 % Cu und sind damit dem Cu-Gehalt sehr guter Cu-Erze durchaus vergleichbar? Sollten die Schlacken weiter aufgearbeitet werden, oder hat man nur das in den Erzen vorhandene gediegene Kupfer ausschmelzen wollen und gar nicht eine Metallgewinnung aus Erzen versucht? Oder galten schließlich die Schmelzversuche gar nicht der Kupfergewinnung? Eine wesentlich umfassendere Untersuchung der Erze und Schlacken dieser Grabung scheint uns dringend geboten.

Vergleich von Erzen und Schlacken mit Artefakten

Ein Vergleich der in Abb. 28 eingetragenen Erze und Schlacken mit den im Vorjahr an gleicher Stelle veröffentlichten Artefakten (Abb. 31) zeigt drei wesentliche Ergebnisse.

- Für die im mittleren Bereich, etwa an der Überschneidung des zypriotischen mit dem Ägäisfeld liegenden Artefakte gab es bereits in Westanatolien und der Ägäis eine Reihe von möglichen Herkunftsstätten für das in den Artefakten enthaltene Blei. Wie bereits erwähnt, müssen die Lagerstätten nördlich und nordöstlich von Ankara jetzt zusätzlich als mögliche Quellen in Betracht gezogen werden.
- Ganz im Gegensatz zu dem Überangebot von möglichen Quellen in diesem Bereich der Isotopenverhältnisse, haben die Erze und Schlacken aus dem Pontus sowie aus Zentral- und Ostanatolien keine möglichen Quellen für das Blei derjenigen Artefakte ergeben, die sich durch hohe $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - und hohe $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnisse auszeichnen (etwa $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} > 2,100$ und $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} > 0,855$). Stos-Gale et al. (s. Anm. 5) haben aus allgemeinen geologischen Überlegungen vorhergesagt, daß Erze aus Küre und Zentralanatolien die Quellen für Blei mit $2,115 < ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} < 2,135$ und $0,866 < ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} < 0,886$ (ihr Isotopenfeld D) seien. Diese Prognose finden wir nicht bestätigt, und das läßt uns davor warnen, bei einem ernsthaften Versuch der Zuordnung von Artefakten zu Lagerstätten nur die Artefakte zu untersuchen und sich bei den Erzen auf Spekulationen zu verlassen.

Die Erze und Schlacken von Küre (TG 162) fallen vielmehr an das obere Ende des von Stos-Gale et al. definierten Bereiches B, beziehungsweise zwischen die Bereiche B und C ($^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \approx 2,09$ und $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \approx 0,84$). Für die Zuordnung heißt das, daß dieses Blei ebenso wie das aus Zankar (TG 173) – wobei es sich allerdings hier um ein Bleierzvorkommen handelt – potentielle Quellen für das Blei in fünf der trojanischen Artefakte (Abb. 31) sind. Es sind die drei Sn-Bronzen HDM 100, HDM 104 und HDM 251 sowie der kupferne Gefäßring HDM 261 und das kupferne Gefäßstück HDM 267. Das Flachbeil (HDM 100) und die Lanze (HDM 104) haben allerdings viel zu hohe Bleigehalte (1750 bzw. 990 µg/g), als daß das gesamte Blei allein aus dem Kupferkies von Küre stammen könnte – wenn denn das von uns analysierte Erz in dieser Beziehung typisch ist. Da aber unsere Untersuchungen gezeigt haben, daß zumindest für Bleigehalte größer als etwa 100 µg/g die isotopische Zusammensetzung des Bleis in Cu-Erzen dieselbe ist wie in Pb-Erzen, scheint der Schluß erlaubt, daß die in dem Cu-Erz gemessene Isotopie auch das Blei von Küre charakterisiert.

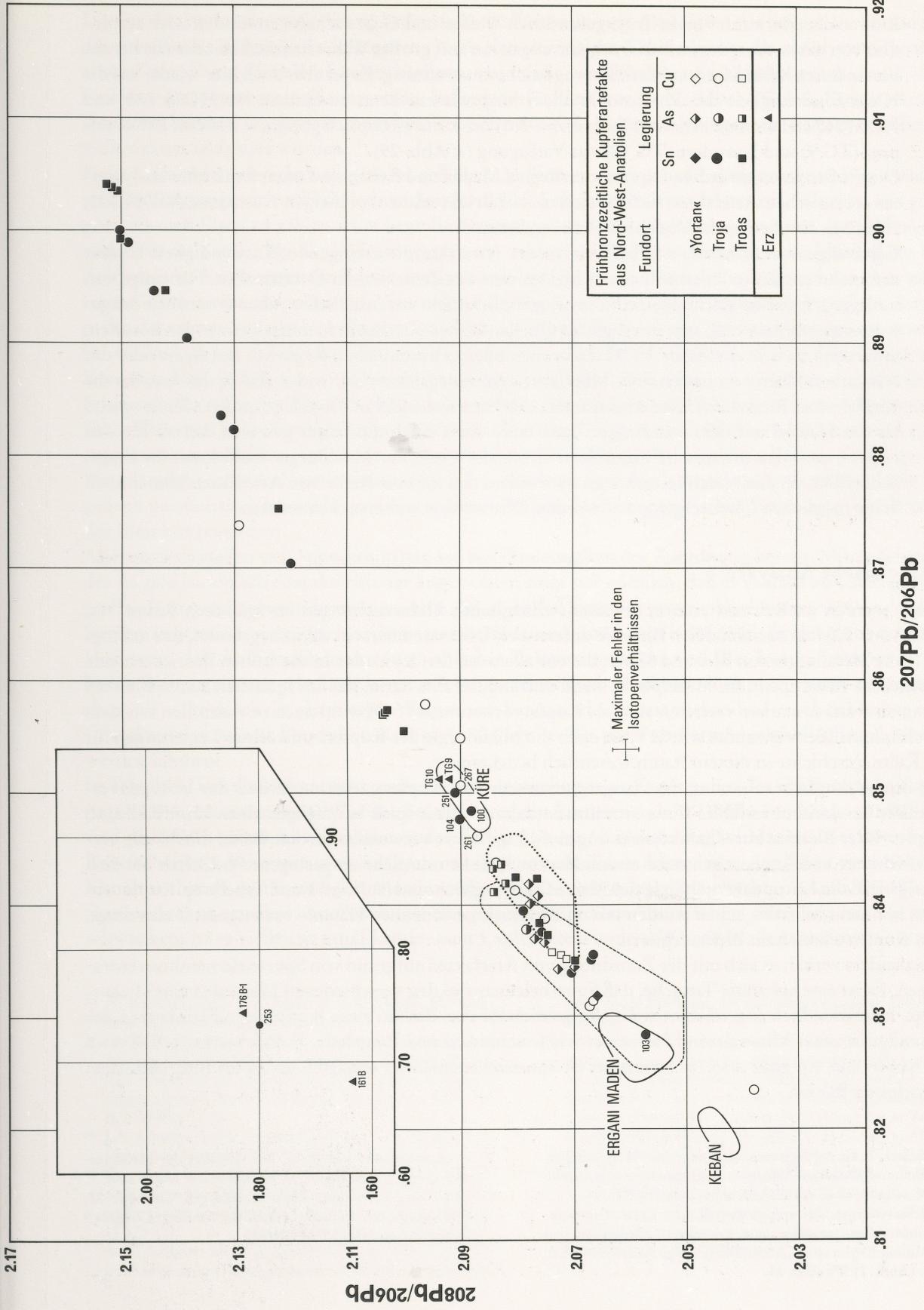


Abb. 31 Ein Vergleich der isotopischen Zusammensetzung von Blei in 58 Artefakten aus Troja, dem Raum Balikesir und der Troas (vgl. Ann. 1) mit der von anatolischen Erzen (Abb. 30) zeigt ein Überangebot von möglichen Quellen im mittleren Bereich. Die hier dokumentierten Erze und Schläcken aus Zentral- und Ostanatolien lassen für fünf der Artefakte Küre an der Schwarzmeerküste als mögliche Quelle erscheinen. Eine weitere Probe (HDM 103) kann Ergani Maden zugewandert werden, und für das extrem radioogene Blei von HDM 253 (siehe Insert) gibt es zwei mögliche Quellen (TG 161B und TG 176C-1). Für das Blei mit $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ größer als 2,100 ist nach wie vor keine potentielle Lagerstätte bekannt.

Eine solche Herkunft von in Troja gefundenen Waffen und Gebrauchsgegenständen oder zumindest von deren Ausgangsmaterial scheint wegen der mit großer Wahrscheinlichkeit damals bereits bestandenen Verbindung auf dem Seewege nicht unvernünftig. Es sei aber auch hier wieder auf die Nicht-Eindeutigkeit der Pb-Isotopie allein hingewiesen, denn zumindest für HDM 251 und HDM 267 stehen auch näher bei Troja in der Provinz Izmir isotopisch geeignete Bleierze in Kemalpaşa (TG 9) und Kurudere (TG 10) zur Verfügung (s. Abb. 29).

- Die großen ostanatolischen Lagerstätten Ergani Maden und Keban sind unter den bisher analysierten trojanischen Artefakten nicht vertreten – vielleicht mit einer einzigen Ausnahme (HDM 103, Abb. 31), für die Ergani Maden möglich erscheint.

Ganz allgemein fällt auf, daß bei keinem der Artefakte die zwingende Notwendigkeit besteht anzunehmen, das in ihnen enthaltene Blei stamme aus Zentral- oder Ostanatolien. Für einige von ihnen ist zwar eine solche Herkunft im Augenblick nicht auszuschließen, aber es verdient festgehalten zu werden, daß, soweit mögliche Quellen bisher überhaupt identifiziert werden konnten, diese auch stets in der Ägäis, in Westanatolien oder in küstennahen Regionen der Ägäis oder des Schwarzen Meeres zu finden sind. Möglicherweise spiegelt sich hier wider, daß in der Ära, der die Kupfer- und Bronzeartefakte entstammen, der Überseehandel in Troja eine größere Rolle spielte als der Handel auf dem Landwege. Troja wäre dann ein Importplatz gewesen, keiner für den Export, und das trojanische Hinterland käme als Wiege der Metallurgie wohl kaum in Frage. Schließlich verdient noch festgehalten zu werden, daß für eine Reihe von Artefakten immer noch keine möglichen Quellen gefunden wurden. Wir werden weitersuchen müssen.

b. Chemische Analysen

Bisher wurden im Rahmen unserer archäometallurgischen Untersuchungen im ägäischen Raum⁸⁰ (s. auch Anm. 72) fast ausschließlich Bleierze untersucht. Dies war einerseits darin begründet, daß anfangs die frühe Metallurgie von Blei und Silber, die vor allem auf den Kykladen in der frühen Bronzezeit eine wesentliche Rolle spielt, im Mittelpunkt stand und andererseits darin, daß im ägäischen Raum Bleivorkommen weitaus stärker vertreten sind als Kupfervorkommen⁸¹. Obwohl auch in Anatolien seit dem Neolithikum Blei verwendet wurde⁸², ist doch die Metallurgie des Kupfers und seiner Legierungen für die Kulturgeschichte in diesem Raum wesentlich bedeutender.

Für die Herkunftsbestimmung des Ausgangsmaterials von Kupferartefakten mittels der Isotopenverhältnisse des darin in variabler Konzentration enthaltenen Bleis spielt es im allgemeinen keine Rolle, ob Kupfer- oder Bleierze zur Charakterisierung einer Lagerstätte verwendet werden. Beide sind häufig vergesellschaftet und kogenetisch, und zumindest für Proben mit nicht zu geringem Pb-Gehalt hat sich gezeigt, daß die Isotopenverhältnisse des Bleis in beiden gleich sind (s. Anm. 1 und Tabelle 1). Kupferobjekte können somit verglichen werden mit an Bleierzen gewonnenen Daten – vorausgesetzt allerdings, dem Kupfer wurde kein Blei zulegert.

Ganz anders verhält es sich mit der Zuordnung von Artefakten aufgrund von Spurenelementkonzentrationen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß Spurenelemente in den verschiedenen Mineralen einer Lagerstätte unterschiedlich angereichert sind. Maßgeblich für den Einbau eines bestimmten Elements in das Kristallgitter eines Minerals sind Parameter wie Ionenradius und Ionenladung. Das bedeutet, daß etwa im Kupferkies ein ganz anderes Spektrum an Spurenelementen zu erwarten ist als im Bleiglanz, dem wichtigsten Bleierz.

⁸⁰ Siehe z. B. G. A. Wagner u. G. Weisgerber (Hrsg.), Silber, Blei und Gold auf Sifnos – Prähistorische und antike Metallproduktion. Der Anschnitt, Beih. 3 (1985).

⁸¹ Erläuterungen zur metallogenetischen Karte Griechenlands. Herausgegeben vom Institute of Geological and Mining Exploration (Athen 1973). – Vgl. auch Pernicka u. a. (Anm. 1) 570 Abb. 23.

⁸² Zusammenfassend U. Esin, Die Anfänge der Metallverwendung und Bearbeitung in Anatolien (7500-2000 v. Chr.). In: Les débuts de la métallurgie. Colloque 23, Union Internat. Sciences Préhist. et Protohist. Congrès 9 (Kongreßber. Nice 1976) 209-240.

Die für die Herkunftsbestimmung bedeutsamsten Elemente sind diejenigen, die bei der Verhüttung in das metallische Rohprodukt übergehen. Nach den derzeitigen Erkenntissen, die auf thermodynamischen Daten⁸³ und Modellversuchen basieren – vor allem von Tylecote und Mitarbeitern (s. Anm. 76) – sind dies die sogenannten Platinmetalle, außerdem die Elemente Gold, Silber, Nickel, Kobalt, Arsen, Antimon, Blei und Wismut. Dies sind auch die Elemente, die bisher am häufigsten in Kupfer- und Bronzeartefakten analysiert wurden.

Es ist vielleicht angebracht zu ergänzen, daß diese Auflistung nicht unbedingt die mengenmäßig wichtigsten Beimengungen in prähistorischem Kupfer umfaßt – dazu sind sicher Sauerstoff, Schwefel und gelegentlich auch Eisen zu zählen. Hier liegt die Betonung vielmehr auf solchen Elementen, deren Mengenverhältnis zu Kupfer bei der Verhüttung sich nur wenig ändert. Für sie kann man im Idealfall aus der Analyse eines Kupfererzes das Konzentrationsverhältnis zumindest im Rohkupfer berechnen. Aus mehreren Gründen tritt dieser Idealfall aber praktisch nicht ein. Erstens können gelegentlich große Varianten in der Zusammensetzung einer Lagerstätte selbst auf kleine Entfernung auftreten⁸⁴; zweitens werden für die Verhüttung der meisten Erze Zuschläge benötigt, die dieselben Elemente, aber in ganz anderen Konzentrationsverhältnissen enthalten können; drittens können Legierungszuschläge – entweder in Form von Erz oder von Metall⁸⁵ – zugesetzt werden, die auch schon das Rohkupfer verändern können. Schließlich sind beim Fertigprodukt zusätzliche Veränderungen durch Raffination und weitere Legierungszusätze, vor allem von Zinn und Blei denkbar. Alles dies hat dazu geführt, daß die Chancen, ein Metallartefakt aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung einer Lagerstätte zuzuordnen, heute allgemein pessimistisch beurteilt werden und diesbezügliche Hoffnungen sich auf die Isotopenverhältnisse des Bleis konzentrieren.

Aber auch da stellen sich Schwierigkeiten bei der Eindeutigkeit der Zuordnung heraus. Mit zunehmender Anzahl isotopisch charakterisierter Lagerstätten zeigt sich nämlich, daß es vielfach zu Überlagerungen im Isotopendiagramm kommt (s. Abb. 29), d. h. daß Erze aus geographisch weit voneinander entfernten Lagerstätten isotopisch nicht unterscheidbar sind. In dieser Situation bleibt dann nur noch die Hoffnung, daß die Kombination von chemischer Zusammensetzung und Blei-Isotopie eine weitergehende Differenzierung erlaubt. Als erster Schritt erscheint dabei sinnvoll, doch noch einmal zu untersuchen, ob nicht durch die chemische Analyse von Erzen und – soweit vorhanden – auch Schlacken eine Charakterisierung von Produktionszentren möglich ist, die dann zu Fertigobjekten in Bezug gesetzt werden können.

In Tabelle 3 sind die bisher vorliegenden Analysenergebnisse an Kupfererzen der Feldforschungskampagne 1984 zusammengestellt⁸⁶. Eine Beschreibung der Erzproben ist in Tabelle 1 enthalten. Auffallend sind die relativ hohen Kobaltgehalte in den Sulfiderzen von Küre und Ergani Maden. Dies könnte ein Unterscheidungskriterium etwa zu Erzen aus Zypern sein, die im allgemeinen nur bis zu etwa 100 µg/g Kobalt enthalten, wenn auch Gehalte von mehr als 1000 µg/g angetroffen werden (s. Anm. 84, 15). Da aber, wie schon erwähnt, die Absolutgehalte verschiedener Elemente in den meisten Lagerstätten stark schwanken, ist es vielleicht signifikanter, zum Lagerstättenvergleich Konzentrationsverhältnisse von

⁸³ O. Kubaschewski, E. L. Evans u. C. B. Alcock, Metallurgical Thermochemistry (Oxford 1967).

⁸⁴ Vgl. z.B. G. Constantinou, Geological Features and Ancient Exploitation of the Cupriferous Sulphide Ore-bodies of Cyprus. In: J. D. Muhly, R. Maddin u. V. Karageorghis (Hrsg.), Early metallurgy in Cyprus, 4000-500 B. C. (1981) 13-24.

⁸⁵ J. A. Charles, Early Arsenical Bronzes – A Metallurgical View. Am. Journal Arch. 71, 1967, 21-26.

⁸⁶ Es wurden vorläufig nur die Elemente gemessen, für die auch Daten von Fertigobjekten vorliegen. Die Anordnung ist die gleiche wie im letzten Jahr (vgl. Pernicka u. a. [Anm. 1] 573 Tab. 3) d. h. zuerst die Elemente, die möglicherweise zugelegt wurden, dann die Elemente, die zur Herkunftsdiskussion herangezogen werden und schließlich

noch einige Elemente, die vorläufig noch wenig diskutiert werden.

^{86a} Für diese Proben werden auch in Tab. 1 Bleigehalte angegeben. Es handelt sich um zwei verschiedene Messungen an verschiedenen Proben aus demselben Handstück. Die Werte in Tab. 3 wurden mit einem Atomabsorptionsspektrometer (Pernicka u. a. [Anm. 1] 573) und die in Tab. 1 massenspektrometrisch (Pernicka u. a. [Anm. 1] 574f.) gemessen. Die Übereinstimmung ist gut, wenn man bedenkt, daß die gemessenen Proben nicht identisch waren. Die Werte für TG 176A-2 und TG 176B-1 in Tab. 3 sind aber deutlich höher als in Tab. 1. Dies dürfte auf Reagenzienverunreinigung zurückzuführen sein, so daß die Werte in Tab. 1 richtig sind.

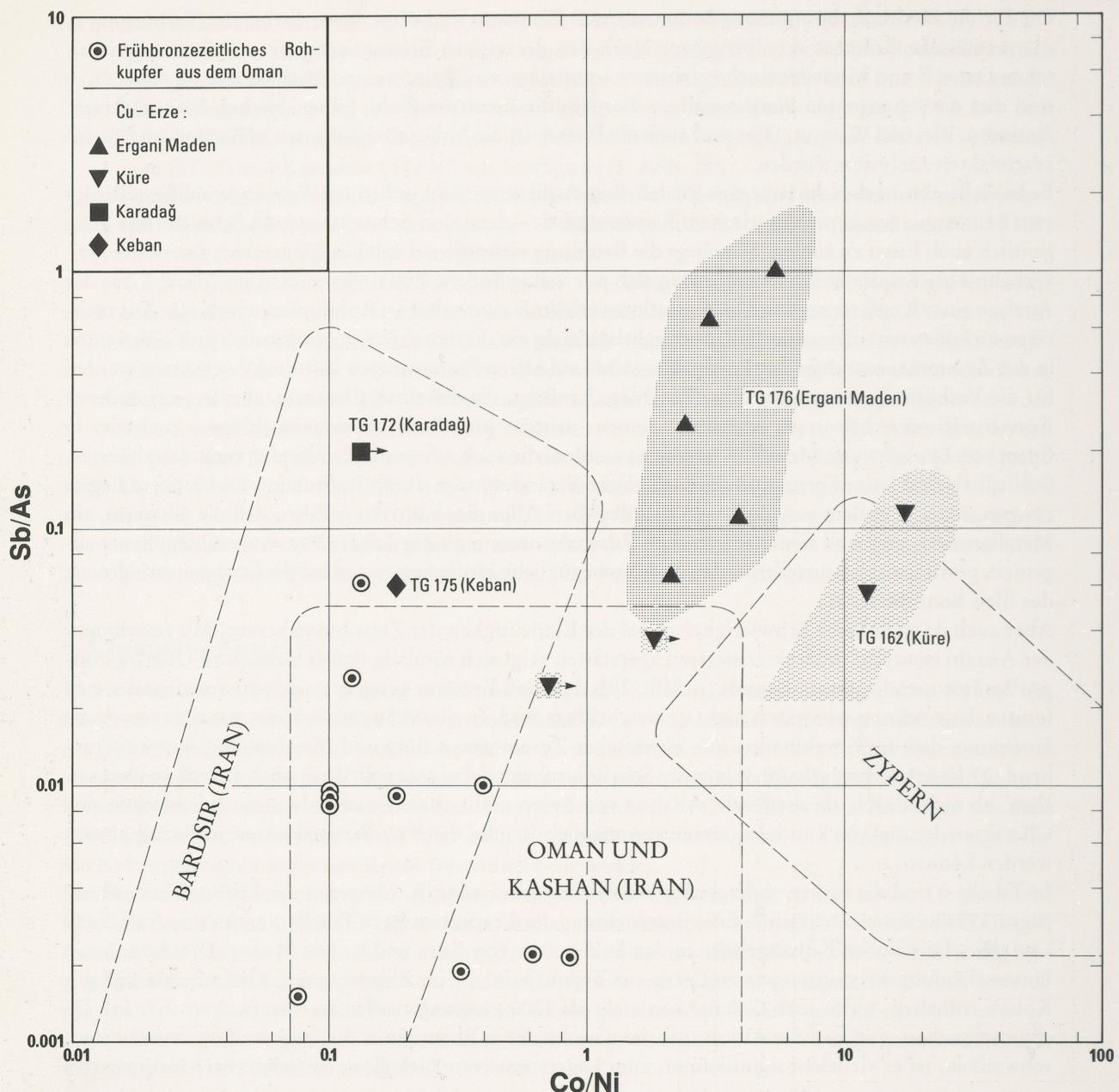


Abb. 32 Antimon/Arsen- und Kobalt/Nickel-Verhältnisse in Kupfererzen aus anatolischen Lagerstätten im Vergleich zu anderen großen Kupferlagerstätten in Südwestasien (Analysendaten vgl. Anm. 74). Für Zypern gibt es Vergleichsdaten für Kobalt und Nickel (Anm. 84), die bis zu einem Verhältnis von etwa 0,2 in Sulfiderzen reichen. Für dieselben Elemente liegen auch Vergleichsdaten an oxidierten Kupfererzen vom Oman vor (Anm. 87), die praktisch denselben Bereich im Kobalt/Nickel-Verhältnis überstreichen. Die von Berthoud (Anm. 74) analysierten Erze aus dem Oman und von Kashan (Iran) enthielten ebenfalls vorwiegend sekundäre Kupferminerale. Zusätzlich sind neun prähistorische Rohkupferfunde aus dem Oman eingetragen, die gut mit den lokalen oxidischen Erzen übereinstimmen. Sie zeigen, daß die beiden Elementverhältnisse tatsächlich gute Parameter für die Zuordnung von Rohmetall zu Erz sind.

geochemisch ähnlichen Elementen, wie etwa Kobalt und Nickel oder Selen und Tellur, heranzuziehen. Etwas weniger kohärente Elementpaare sind Arsen und Antimon sowie Silber und Gold.

In Abb. 32 sind die Verhältnisse Kobalt/Nickel gegen Antimon/Arsen eingetragen, weil für diese Elemente die meisten Vergleichsdaten aus der Literatur existieren (s. Anm. 74). Es ist offensichtlich, daß allein aufgrund dieser beiden Elementverhältnisse einige wichtige Kupferlagerstätten in Südwestasien

	Cu	Sn	Pb	As	Sb	Co	Ni	Ag	Au	Bi	Fe	Zn	Se	Ir
TG 162 A-1	Küre	9,2	72	77	219	26	550	<33	<1,5	1,26	8,0	38,5	200	10,6
TG 162 B-1	Küre	4,48	<48	195	611	35	460	<39	12,8	2,8	0,4	38,0	690	5,0
TG 162 B-2	Küre	0,326	<42	140	934	25	22	<32	9,4	7,2	8,6	46,4	32	1850
TG 162 C-1	Küre	0,040	<42	21	37,3	1,4	77	<42	<2,2	0,026	0,4	32,8	<50	8
TG 172-3	Karadag	12,8	<87	1960	44	8,7	11	<88	1020	0,16	7,4	0,8	223000	7,9
TG 175 F 8-2	Keban	40,0	<45	8740	62	3,8	24	125	35	0,12	1,4	35,8	950	<1,4
TG 176 A-1	Ergani/Maden	12,5	<51	20	<2,7	1,8	1790	600	<2,4	0,040	1,4	38,2	580	<0,005
TG 176 A-5/1	Ergani/Maden	10,2	<47	160	396	103	160	68	2,6	0,86	1,9	26,5	800	<0,007
TG 176 A-2	Ergani/Maden	22,3	<67	15	5,7	3,1	3020	550	4,5	0,36	1	34,6	165	<0,006
TG 176 B-1	Ergani/Maden	18,4	<71	63	49	5,5	3510	895	4,7	0,68	9,5	38,0	780	<0,009
TG 176 C-1	Ergani/Maden	2,59	<44	154	54	3,7	134	63	3,4	0,03	0,4	16,9	2620	<0,013

Tab. 3 Analysenergebnisse einiger Erzproben aus Anatolien. Alle Werte sind in $\mu\text{g/g}$, nur die für Kupfer und Eisen in Prozent angegeben^{86a}.

	SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO	As ₂ O ₃	Sb ₂ O ₃	CuO	PbO	Au (μg/g)
<i>Erze, Schicht 10</i>												
Tü 35 a	20,0	3,4	4,4	1,0	—	—	0,65	0,04	—	—	25,4	0,62
Tü 35 b	12,9	1,2	4,3	<0,5	—	—	0,10	1,56	1,38	7,9	0,33	<0,5
Tü 36 a/E	15,6	13,8	2,8	1,7	—	—	<0,1	—	—	62,7	<0,1	—
Tü 36 f	—	22,1	—	—	—	—	0,04	0,026	0,0008	35,1	0,12	<0,4
Tü 38 f	21,6	2,6	2,7	<0,5	—	—	0,54	5,0	5,3	17,8	1,62	<0,9
<i>Erze, Schicht 9</i>												
Tü 41	19,9	21,4	7,4	7,6	—	—	0,25	0,015	0,0005	8,6	0,012	0,77
Tü 42	16,0	2,6	4,2	1,6	—	—	0,005	0,0047	0,0005	45,5	<0,0001	0,44
Tü 43	2,1	1,9	1,3	0,6	0,20	0,39	—	0,025	0,267	68,1	0,064	150
<i>Schlacken, Schicht 10</i>												
Tü 36 a/S	25,2	33,5	3,5	3,4	—	—	0,45	<0,1	—	—	33,0	<0,1
Tü 36 a	20,5	31,6	2,4	2,8	0,081	0,29	—	0,025	0,0016	—	26,3	0,00065
Tü 37 a	22,3	40,9	3,7	3,8	—	—	0,50	<0,1	—	—	23,1	<0,1
Tü 37 b	22,0	40,6	3,8	4,0	—	—	<0,1	<0,1	—	—	25,9	<0,1
Tü 38 a	26,0	38,4	3,6	3,4	—	—	<0,1	<0,1	—	—	22,3	<0,1
Tü 38 b	21,7	21,7	2,8	2,8	0,049	0,27	—	0,015	0,0005	—	13,2	0,0018
Tü 39 b	18,2	54,6	2,8	2,8	0,041	0,088	—	0,021	0,0003	—	32,2	0,00055
Tü 40 a	20,2	38,1	2,9	1,9	0,22	0,47	—	0,015	0,0002	—	20,1	0,00081

Tab. 4 Zusammensetzung (in Prozent) von Erzen und Schlacken aus den chalcolithischen Schichten 9 und 10 (s. Anm. 90) des Norsuntepe. Alle Schlacken sind äußerlich ähnlich, kristallin und dunkelgrau im Bruch mit wenig Blasenhohlräumen. Die meisten Stücke sind etwa haselnüßgroß und zeigen Anflüge von sekundären Kupfermineralen. SiO₂, Al₂O₃, MgO, K₂O und PbO werden in allen Proben mittels Röntgenfluoreszenzanalyse gemessen, während Na₂O, As₂O₃, Sb₂O₃ und Au durch Neutronenaktivierungsanalyse bestimmt wurden. Diese Werte sind auch in Tab. 5 enthalten. Ein — bedeutet »nicht bestimmt«.

differenziert werden können. Dies ist auch die Schlußfolgerung von Berthoud (s. Anm. 74), der zur Unterscheidung ein multivariates Verfahren verwendet und dafür bis zu 31 verschiedene Elemente heranzieht. Obwohl die Möglichkeiten der chemischen Differenzierung nicht überbewertet werden sollten – so streuen z. B. bei Berthoud sieben Erzproben des Distrikts von Yazd im iranischen Hochland in beiden Verhältnissen über fast drei Größenordnungen –, kann das Spurenelementmuster doch eine wertvolle Ergänzung der Blei-Isotopenmethode bedeuten. Das zeigt auch die gute Übereinstimmung der prähistorischen Rohmetallfunde von Oman mit omanischen Erzen, bei denen die Nickel/Kupfer- und Arsen/Kupfer-Verhältnisse im Rohmetall gut mit denen der oxidischen Erze im Einklang stehen (Abb. 32)⁸⁷.

Ein wichtiger Aspekt der benutzten Elementverhältnisse ist die Tatsache, daß diese Elementpaare gerade wegen ihres ähnlichen geochemischen Verhaltens auch bei der Verhüttung in ähnlicher Weise an- oder abgereichert werden. So ändert sich das Antimon/Arsen-Verhältnis bei der Kupferraffination nur um 30 % und das Kobalt/Nickel-Verhältnis um 26 % bzw. 60 % bei extrem oxidierenden Bedingungen. Gemäß diesen Überlegungen wurden in das gleiche Diagramm wie in Abb. 32 die Kupfer- und Bronzeartefakte aus der Troas (s. Anm. 1) eingetragen, um deren mögliche Beziehungen zu bisher analysierten Kupfererzen zu untersuchen (Abb. 33). Es ist offensichtlich, daß demnach die meisten Artefakte den bisher charakterisierten Lagerstätten nicht zugeordnet werden können. Nur die Probe HDM 103, ein Flachbeil aus Troja, stimmt sowohl isotopisch (Abb. 31) als auch bezüglich der hier diskutierten Elementverhältnisse mit Ergani Maden überein. Die anderen drei Proben, die in Abb. 33 in der Nähe von Ergani Maden liegen (HDM 54, HDM 71 und HDM 261), ein Flachbeil, ein Pfannengriff aus der Troas⁸⁸ und ein Standring eines Gefäßes aus Troja, unterscheiden sich isotopisch deutlich von Ergani Maden. Ebenso ist die Erzprobe von Keban, die aus einem vermutlich alten Abbau stammt und in Abb. 33 näher bei den Artefakten liegt, aufgrund der Blei-Isotopenverhältnisse als Rohstoffquelle auszuschließen. Umgekehrt kann man von den fünf trojanischen Artefakten, die isotopisch den Erzen von Küre zugeordnet werden können, die Probe HDM 267 aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung ausschließen. Sie hat das niedrigste Kobalt/Nickel-Verhältnis von allen analysierten Objekten aus der Troas (s. Abb. 33), während die Erze von Küre gerade durch ein besonders hohes Kobalt/Nickel-Verhältnis gekennzeichnet sind. Die Tatsache, daß auch die Erze aus der Oxidationszone (TG 162B-2 und TG 162C-1) mehr Kobalt als Nickel enthalten, lässt vermuten, daß etwa im Altertum bereits abgebaute Erze aus oberflächennahen Schichten ähnliche Kobalt/Nickel-Verhältnisse gehabt haben. Da eisenreiche Erzpartien aus der Oxidationszone einer Lagerstätte als potentielle Zuschlagstoffe anzusehen sind, kann in diesem Fall schwerlich argumentiert werden, daß Zuschlagstoffe das Kobalt/Nickel-Verhältnis verändert haben. Außerdem sind die Silber-, Nickel- und Antimongehalte von HDM 267 deutlich verschieden von denen, die man in Kupfer aus den Erzen von Küre erwarten würde.

Bei einem chemischen Vergleich von Erzen und Fertigobjekten kann das Ausschließungsprinzip nie so strikt angewendet werden wie bei den Blei-Isotopenverhältnissen. Deshalb kann man bei den Proben HDM 100, HDM 104 und HDM 257 derzeit nicht völlig ausschließen, daß sie von Küre stammen, obwohl sie deutlich niedrigere Kobalt/Nickel-Verhältnisse haben als die Erze von Küre. Aber erstens ist dieses Elementverhältnis der einzige chemische Parameter, der einer solchen Zuordnung widerspricht, und zweitens liegen noch zu wenig Erz-Analysen vor, um die chemische Streubreite der Lagerstätte von Küre zu definieren. Außerdem fällt auf, daß in Abb. 33 nur die Kobalt/Nickel-Verhältnisse für die deutliche Trennung von Artefakten und Erzen verantwortlich sind. Es bleibt noch abzuwarten, ob die Artefakte tatsächlich aus ganz anderen Lagerstätten stammen, oder ob nicht doch im Verlaufe der Kupfergewinnung und -verarbeitung das Kobalt/Nickel-Verhältnis verändert werden kann⁸⁹. Wenn letzteres

⁸⁷ A. Hauptmann, 5000 Jahre Kupfer in Oman 1. Die Entwicklung der Kupfermetallurgie vom 3. Jahrtausend bis zur Neuzeit. Der Anschnitt, Beih. 4 (1985) 27 Tab. 2 und mündliche Mitteilung. Es besteht daher keine Notwendigkeit, wie Hauptmann anzunehmen, daß etwaige arsenreiche Oberflächenmineralisationen in der Bronzezeit vollständig abgebaut worden seien.

⁸⁸ Der genaue Fundort ist nicht bekannt. Siehe K. Bittel, Beitrag zur Kenntnis anatolischer Metallgefäß der zweiten Hälfte des dritten Jahrtausends v. Chr. Jahrb. DAI 74, 1959, 1-34.

⁸⁹ So hält es z. B. Tylecote (Anm. 76) für möglich, daß bei Auftreten von metallischem Eisen im Rohkupfer (Eisen und Kupfer sind in flüssigem Zustand nicht mischbar)

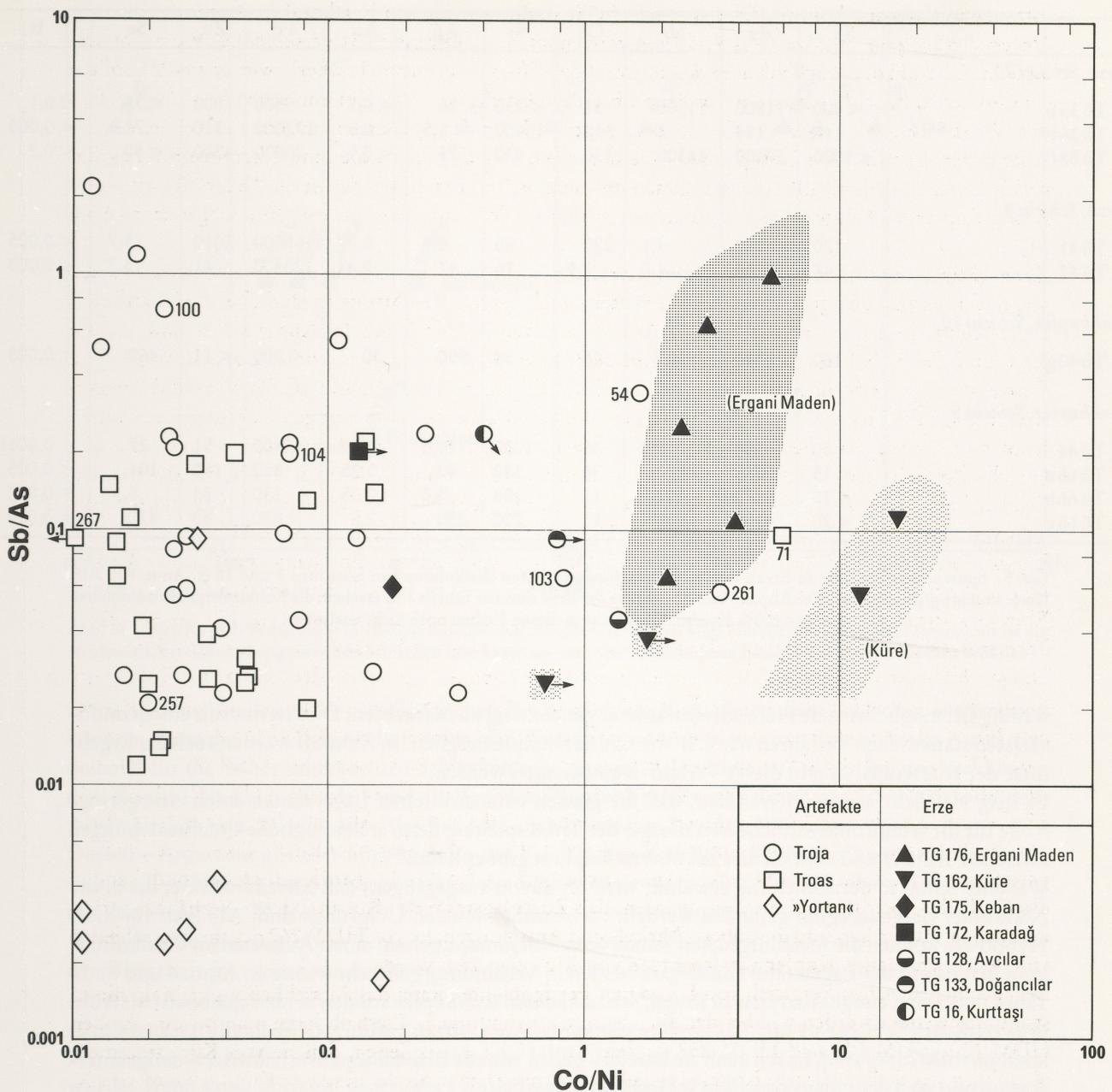


Abb. 33 Antimon/Arsen- und Kobalt/Nickel-Verhältnisse in Fertigobjekten aus Nordwestanatolien (vgl. Anm. 1) im Vergleich zu anatolischen Kupfervorkommen. In die Abbildung sind auch die drei bisher analysierten Kupfervorkommen aus Nordwestanatolien eingetragen (TG 16, 128, 133; Anm. 72). Waagerechte und senkrechte Pfeile bedeuten, daß für ein Verhältnis nur Grenzwerte gemessen werden konnten. Die Punkte können sich in Pfeilrichtung noch verändern. Ein schräger Pfeil zeigt Grenzwerte in beiden Verhältnissen an, ein Pfeil am Rand, daß der Punkt außerhalb des dargestellten Bereichs liegt. Die Zahlen sind die HDM-Nummern der im Text diskutierten Artefakte aus Nordwestanatolien.

nicht der Fall ist, wovon wir nach unserem derzeitigen Kenntnisstand ausgehen, dann können wir zumindest die Probe HDM 261 isotopisch und chemisch der Lagerstätte von Kure zuordnen. Es sollte noch einmal betont werden, daß es für den chemischen Vergleich von Artefakten und Erzen not-

Kobalt vorwiegend vom Eisen aufgenommen wird, während sich Nickel gleichmäßig über beide Phasen (Kupfer

und Eisen) verteilt. Evidenz dafür wurde auch in den Proben aus der Troas gefunden, allerdings war der Effekt sehr

	Sn	As	Sb	Co	Ni	Ag	Au	Fe	Zn	Se	Ir
<i>Erze, Schicht 10</i>											
Tü 35 b	< 800	11800	11500	51	< 230	26	< 0,5	9300	800	< 35	< 0,1
Tü 36 f	15	194	6	510	10600	< 1,5	< 0,4	172000	310	71	< 0,005
Tü 38 f	< 1500	37600	44300	430	430	75	< 0,9	20000	4300	< 50	< 0,2
<i>Erze, Schicht 9</i>											
Tü 41	120	111	4,1	220	85	4,4	0,77	166000	2010	8,7	< 0,005
Tü 42	48	36	4,0	7,9	16	47	0,44	20400	41	3,7	< 0,003
<i>Rohkupfer, Schicht 10</i>											
Tü 40 g	160	1340	460	26	58	990	30	< 200	< 11	460	< 0,005
<i>Rohkupfer, Schicht 9</i>											
Tü 44	30	106	8,0	35	1030	10,0	0,49	2500	51	27	0,0018
Tü 66 a	< 15	5250	330	36	330	40	0,25	830	170	104	< 0,003
Tü 66 b	< 10	1170	101	11	108	5,0	0,05	130	34	6,5	< 0,002
Tü 66 c	< 20	4190	210	13	200	250	2,5	870	40	470	< 0,004

Tab. 5 Spurenelementgehalte in Erzen und Rohkupferfunden aus den chalkolithischen Schichten 9 und 10 (s. Anm. 90). Alle Werte sind in $\mu\text{g/g}$ angegeben. Die Kupfer- und Bleigehalte der Erze sind aus Tabelle 2 zu ersehen, die Rohkupferproben enthielten nahezu 100% Kupfer. Wismut ist in diesen Proben noch nicht analysiert.

wendig ist, möglichst viele Herkunftsparameter gleichzeitig zu betrachten. Dies ist nur mit einem multivariaten statistischen Verfahren wie z. B. der Clusteranalyse möglich. In Zukunft werden auch die Ergebnisse der Kupferanalysen in dieses Verfahren einbezogen werden.

Es mag vielleicht wenig überraschen, daß die großen ostanatolischen Lagerstätten solch eine geringe Rolle für die frühbronzezeitliche Metallurgie der Troas spielten, denn archäologische Querbeziehungen zwischen Troja II und dem Gebiet am oberen Euphrat gibt es kaum⁹⁰.

Wie aber schon in der Einleitung erwähnt, wird oft davon ausgegangen, daß Metallartefakte, die in der Nähe einer Bergbauregion gefunden werden, vornehmlich lokalen Ursprungs sind. Als Tests für diese Hypothese können die metallurgischen Funde vom Norşuntepe gelten, deren Auftreten im Chalkolithikum bereits mit der Lagerstätte von Ergani Maden in Verbindung gebracht wurde (s. Anm. 6 und 8). In Tab. 4 und 5 sind einige Analysen an Erzen, Schlacken und Rohkupfer aus den beiden spätobed- bis früh-urukzeitlichen Schichten 9 und 10 vom Norşuntepe (s. Anm. 90) aufgeführt. Obwohl die Analysen z. T. noch unvollständig sind, lassen auch sie bereits – genau wie die Blei-Isotopenverhältnisse – einige interessante und vielleicht überraschende Schlußfolgerungen zu.

In Übereinstimmung mit Zwickers Untersuchungen (s. Anm. 71) finden wir, daß die in Schicht 10 gefundenen Erze keineswegs einheitlich sind, sondern zwei verschiedenen Typen angehören: nämlich einem kristallinen Erztyp mit Baryt als Gangart und hohen Arsen- und Antimongehalten sowie einem Sandsteinerz mit geringen Gehalten der genannten Elemente. Die Schlacken fallen durch ihre durchweg hohen Kupfergehalte auf, die eigentlich typisch für Tiegelschlacke sind⁹¹, d. h. für Schlacke, die vom Schmelzen und Raffinieren von Rohkupfer stammt und nicht vom eigentlichen Verhüttungsprozeß. Sie enthalten aber alle mehr Eisen als die von Tylecote zusammengestellten Tiegelschlacken (s. Anm. 91, 21).

klein im Vergleich zu den hier diskutierten Unterschieden (E. Pernicka, Instrumentelle Multi-Elementanalyse archäologischer Kupfer- und Bronzeartefakte: ein Methodenvergleich. Jahrb. RGZM 31, 1984, 522 u. Abb. 1).

⁹⁰ H. Hauptmann, mündliche Mitteilung. Eine umfassende

Untersuchung der metallurgischen Funde vom Norşuntepe wird nächstes Jahr an gleicher Stelle vorgelegt werden.

⁹¹ R. F. Tylecote, A History of Metallurgy (London 1976) 19f.

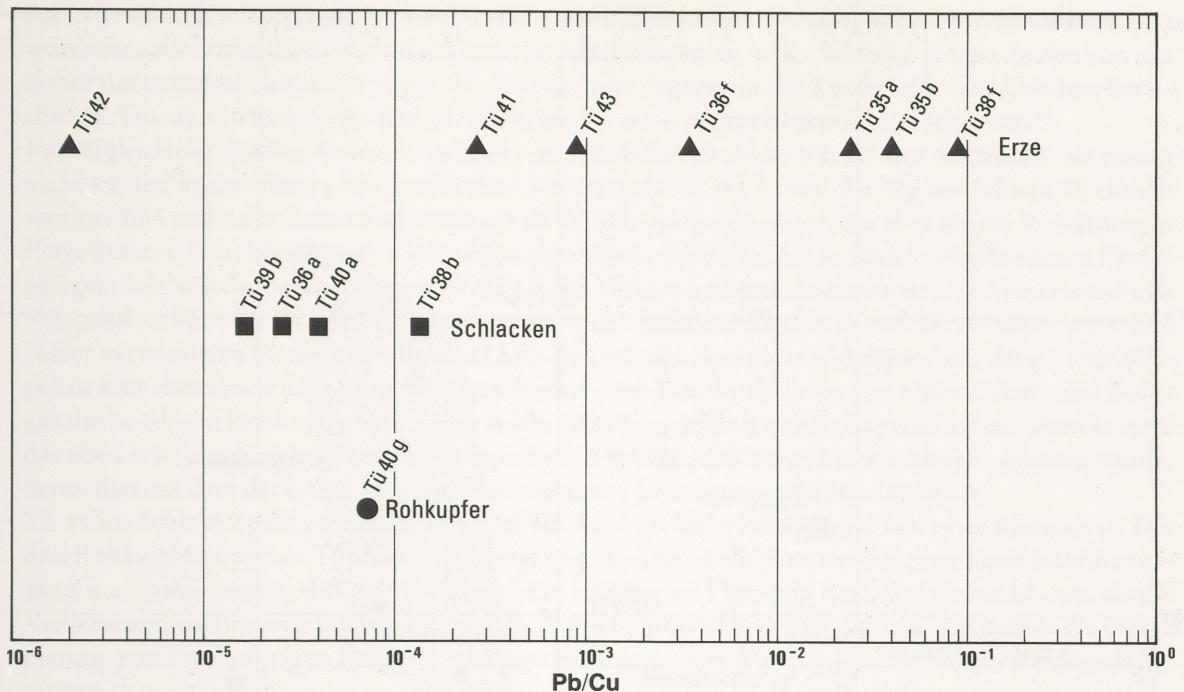


Abb. 34 Blei/Kupfer-Verhältnisse in chalkolithischen metallurgischen Funden vom Norşuntepe (Anm. 90). Interessant ist die fehlende Übereinstimmung zwischen Schlacken und Erzen aus derselben Schicht (man beachte den logarithmischen Maßstab).

Ohne an dieser Stelle auf die metallurgischen Prozesse einzugehen, denen diese Schlacken entstammen könnten, kann dennoch festgestellt werden, daß die arsen- und antimonreichen Erze nicht das Ausgangsmaterial für die bisher untersuchten Schlacken sein können. Beide Elemente folgen bei der Verhüttung dem Kupfer; das Arsen/Kupfer- und das Antimon/Kupfer-Verhältnis in Erzen und Schlacken sollte deswegen ähnlich sein. Dies ist nicht der Fall, wie auch schon von Zwicker beobachtet wurde.

Dasselbe Argument gilt allerdings auch für das Blei/Kupfer-Verhältnis. Dann aber kann auch das Sandsteinerz Tü 36f nicht das Ausgangsmaterial der Schlacken gewesen sein (Abb. 34), obwohl es zusammen mit den Schlacken Tü 36a und Tü 39b in einer Grube gefunden wurde (s. Anm. 90). Diese Aussage gilt zumindest für diejenigen vier Schlacken, bei denen ein tatsächlicher Wert (nicht eine obere Grenze) für den Bleigehalt angegeben werden kann; bei diesen vier Proben ist das Pb/Cu-Verhältnis 25-200 mal kleiner als im Sandsteinerz. Das gilt insbesondere auch für Tü 39b und 40a, die ja isotopisch mit dem Sandstein übereinstimmen (Tab. 2). Die Lage ist hier also dieselbe, wie sie bereits bei der möglichen Herkunft des Bleis in den beiden trojanischen Artefakten HDM 100 und 104 aus der Lagerstätte Küre diskutiert wurde. Wenn tatsächlich ein genetischer Zusammenhang besteht, muß es Sandsteinerze mit isotopisch gleichem Blei, aber wesentlich geringerem Bleigehalt geben, oder aber es gibt andere kristalline Erze mit passendem Spurenelementmuster und kleinem Bleigehalt, aber derselben Isotopie wie das Sandsteinerz. Von den chemischen Anforderungen kommt bisher nur das aus Schicht 9 stammende Erz Tü 42 in Frage. Es hat ein Blei/Kupfer-Verhältnis, das mit den Schlacken aus Schicht 10 in Einklang zu bringen ist, wenn man bedenkt, daß Zuschläge das Blei/Kupfer-Verhältnis eher erhöhen als erniedrigen, weil in fast allen Gesteinen geringe Mengen an Blei enthalten sind, und Zuschläge natürlich weit weniger Kupfer enthalten als Erze. Eine isotopische Blei-Analyse liegt für dieses Erz bisher nicht vor.

Von den beiden anderen zur Herkunftsdiskussion benutzten Elementverhältnissen liegen noch zu wenige Vergleichsdaten vor, um weitere Schlußfolgerungen zu ziehen. Immerhin läßt sich aber feststellen, daß sich die Antimon/Arsen-Verhältnisse der Schlacken im selben Bereich bewegen wie die der Erze Tü 36f, Tü 41 und Tü 42. Ein Vergleich der Hauptbestandteile von Schlacken und Erzen zeigt, daß etwaige Zuschläge bei der Verhüttung reich an Eisen und relativ arm an Silikaten gewesen sein müssen. Das

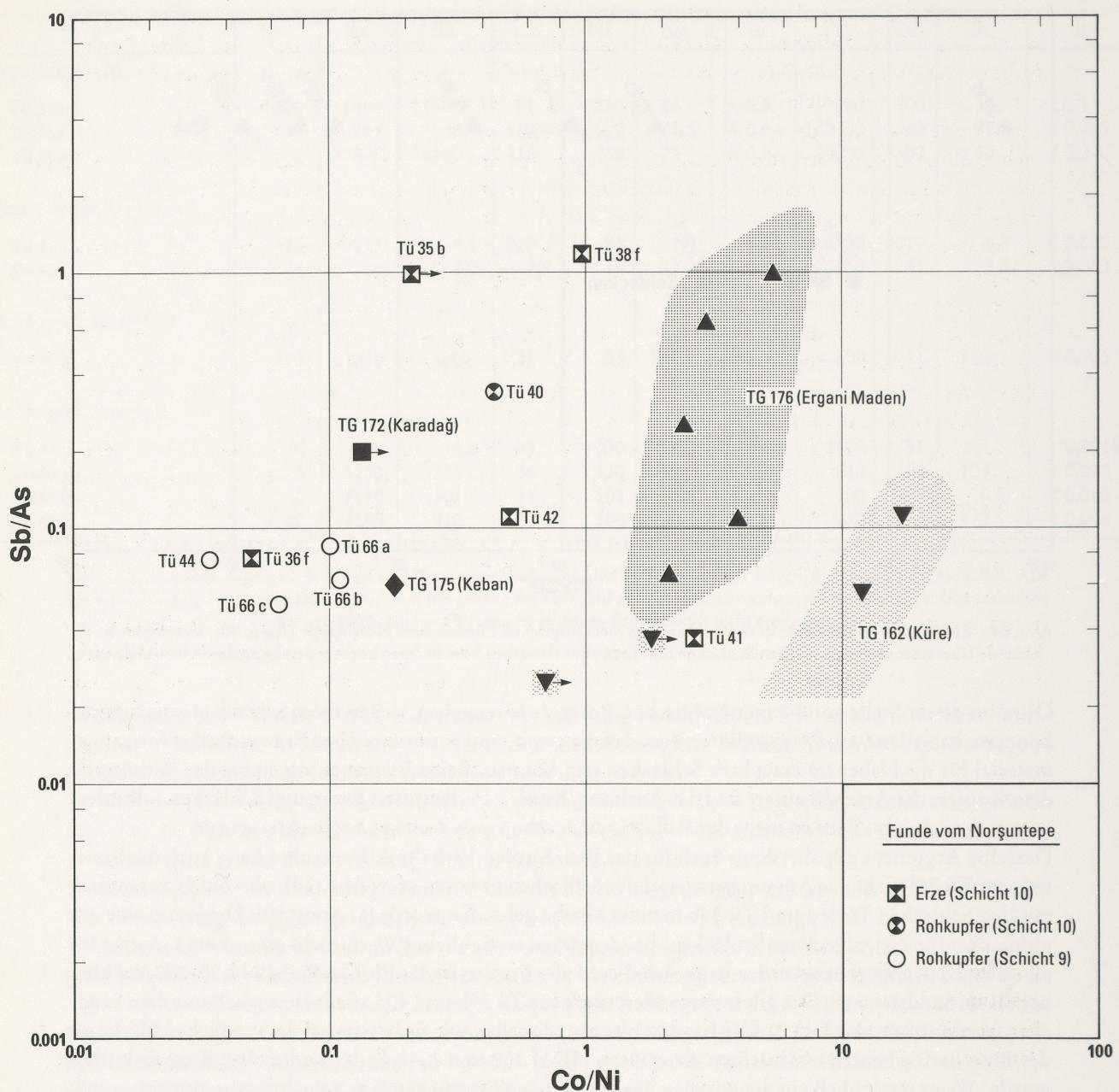


Abb. 35 Antimon/Arsen- und Kobalt/Nickel-Verhältnisse in chalkolithischen metallurgischen Funden vom Norşuntepe (Anm. 90). Zum Vergleich sind die bisher gemessenen Kupfererze aus Nord- und Ostanatolien (Küre, Karadağ, Keban, Ergani Maden) ebenfalls eingetragen.

Fundensemble von Tü 40 (Areal K 18/19//41, Raum V) umfaßte sechs Stück Schlacke von insgesamt etwa 35 g, ein Stück Kupfer (vermutlich Rohkupfer) von 16 g und vier abgerundete Eisenerzbrocken (vermutlich aus einem Bachgeröll) von insgesamt 66 g. Dieses Eisenerz, das vorwiegend aus Hämatit (Fe_2O_3) besteht, könnte der gesuchte Zuschlagsstoff sein, der z. B. dem Erz Tü 36a/E in gleicher Menge zugesetzt die Schlacke Tü 36a/S ergeben hat. Voraussetzung dafür wäre aber, daß die Bleikonzentration im Eisenerz kleiner als in der Schlacke ist. Dies wird durch eine Analyse ebenso zu prüfen sein wie durch Messung der Isotopenverhältnisse im Eisenerz.

Von Zwicker (s. Anm. 71) wurde auch Steinsalz als Flußmittel vorgeschlagen, weil er im Inneren der

Schlacke Chloride identifizierte. Dafür fanden wir bisher keinen Anhaltspunkt. Ein Steinsalzzuschlag würde zu außerordentlich hohen Gehalten von Alkalielementen in der Schlacke führen. In den von uns bisher untersuchten Schlacken liegen die Alkaligehalte dagegen in für Kupferschlacken üblichen Bereichen (s. Tab. 4). Offensichtlich sind die Chloride Verwitterungsprodukte in den Schlacken⁹².

Im Vergleich der Rohkupferfunde stellt sich ein ähnliches Problem wie bei den Schlacken: sie passen nicht zu den in derselben stratigraphischen Schicht gefundenen Erzen. Tü 40g aus Schicht 10 enthält weniger Blei und mehr Arsen und Antimon als Tü 36f, das Sandsteinerz, das eher für die Verhüttung in Frage kommt. Nun könnte man wie Zwicker annehmen, daß die beiden in Schicht 10 gefundenen Erztypen gemischt wurden – entweder vor oder nach der Verhüttung –, um so ein wegen des Arsen- und Antimongehaltes härteres Material zu erzeugen, als es das Reduktionsprodukt von Tü 36f allein wäre. Die bisher verwendeten Elementverhältnisse (Abb. 35) würden dem nicht widersprechen; der geringe Blei-gehalt aber ebenso wie die viel zu niedrigen Nickel- und Kobaltgehalte und zu hohen Silber- und Gold-gehalte in diesem Rohkupfer lassen eine solche Mischung jedoch unmöglich erscheinen. Dazu kommt das oben erwähnte Ergebnis der blei-isotopischen Analysen, daß bisher keine Schlacke gemessen wurde, deren Blei mit dem der bisher analysierten kristallinen Erze isotopisch übereinstimmt.

Tü 44 aus Schicht 9 paßt am besten zum Erz Tü 36f aus Schicht 10, vorbehaltlich einer Bleianalyse. Die drei Rohkupfertröpfchen Tü 66a-c sind interessant, weil sie – sollten sie aus einem einzigen Schmelzvorgang stammen – zeigen, daß die Absolutgehalte bestimmter Elemente stärker variieren können als die Verhältnisse geochemisch ähnlicher Elemente. Dies könnte ein Hinweis dafür sein, daß auch in die Gruppierung von Fertigobjekten Elementverhältnisse einbezogen werden müssen. Dies wollen wir demnächst untersuchen.

Insgesamt ist der bis dato vorliegende Befund der chemischen Untersuchungen an metallischen Funden vom Norşuntepe überraschend. Im Gegensatz zu unserer Erwartung, daß die bisher für das Chalkolithikum einmalige Fundsituation von Erzen, Schlacken und Rohprodukten auf eng begrenztem Raum eine metallurgische Sequenz darstellt und daher eine detaillierte Rekonstruktion der angewandten Techniken erlaubt, finden wir einerseits verschiedene Erzsorten, andererseits Schlacken, die chemisch nicht zu diesen Erzen passen, sowie Rohprodukte, die weder Schlacken noch Erzen eindeutig zugeordnet werden können. Die Fragen, die sich daraus ergeben, sind vielfältig. Vielleicht können einige davon durch Ver-vollständigung und Erweiterung der bisherigen Analysen beantwortet werden.

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

Für die Durchführung der ¹⁴C-Datierungen danken wir Herrn Dr. B. Kromer und Frau M. Münnich, Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg.

Ferner gilt unser Dank Frau U. Schwan, Herrn D. Kaether und Herrn W. Bach für ihre Hilfe bei den Analysen der Artefakte, Schlacken und einiger Erze, sowie bei den Thermolumineszenzmessungen Frau R. Pelikan und Herrn A. Haidmann (alle MPI für Kernphysik, Heidelberg).

Bei den Messungen der isotopischen Zusammensetzung des Bleis halfen Frau C. Sudek und Herr E. Werner, MPI für Chemie, Mainz.

Die Neutronenbestrahlungen wurden im Deutschen Krebsforschungszentrum Heidelberg durchgeführt.

⁹² Ähnliche Vermutungen Zwickers zu der Verhüttung in Timna sind ebenfalls nicht bestätigt worden: H.-G. Bachmann u. B. Rothenberg, Die Verhüttungsverfahren von

Site 30. In: H. G. Conrad u. B. Rothenberg, Antikes Kupfer im Timna-Tal. 4000 Jahre Bergbau und Verhüttung in der Arabah (Israel). Der Anschnitt, Beih. 1 (1980) 217ff.