

## VI. Archäometallurgische Analysen

---

Die gefundenen Metallgegenstände und metallurgischen Überreste wurden einer Reihe von naturwissenschaftlichen Untersuchungen unterzogen, um ihre Mikrogefüge, aber auch ihre chemischen Zusammensetzungen und Bleiisotopenverhältnisse zu beschreiben. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass die im Metall feststellbaren Spurenelementkonzentrationen einen Hinweis auf das zur Erzeugung des Kupfers verwendete Ausgangserz geben. So zeichnet sich fehlerzgeprägtes Kupfer durch hohe Antimon- und Arsenkonzentrationen aus, während Kupfer aus chalkopyritischen Lagerstätten relativ gleichmäßige Mengenanteile unter oder um 1% an charakteristischen Spurenelementen aufweist. Karbonatische Kupfererze können, abhängig von den Bildungsbedingungen, eine große Bandbreite an Spurenelementkonzentrationen aufweisen. Gediegenes Kupfer ist durch niedrige Spurenelementwerte charakterisiert. Eine Bleikonzentration unter 1% wird auf den natürlichen Bleigehalt der Lagerstätte<sup>524</sup> zurückgeführt, während Werte, die darüber liegen, als intentionell hinzulegiert interpretiert werden. Für den ägäisch-westanatolischen Raum wird aber diskutiert, ob nicht von einem etwas höheren Anteil von 2% auszugehen ist.<sup>525</sup> Solch eine postulierte „Grenzkonzentration“ soll zur Orientierung dienen, da die Bleikonzentration in einem Metallobjekt von vielen Faktoren abhängt (z. B. der variablen Erzzusammensetzung oder dem Einschmelzen von Altmetall, etc.) und auch immer in einem breiteren Kontext von ebenfalls analysierten zeitgleichen Funden zu sehen ist. Dies führt dazu, dass eine gewisse Unsicherheit bei der Interpretation der Bleigehalte vorhanden ist.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden Kupfer- und Bleierze, das Kupferstein-Speise-Fragment, Tiegelfragmente, Gussabfälle, Halbfertigprodukte und Fertigprodukte analysiert, um alle Schritte der Produktionskette – vom Erz zum Fertigprodukt – detailliert beleuchten zu können. Ziel war dabei aber nicht nur die einzelnen Arbeitsschritte zu untersuchen und zu dokumentieren, sondern auch den Stand der metallurgischen Entwicklung am Ende des 4. Jahrtausends und zu Beginn des 3. Jahrtausends v. Chr. umfassend zu beschreiben.

Alles in Allem standen für die Auswertung die Röntgenfluoreszenzanalysen (RF-Analyse) von 46 Arsenkupfergegenständen,<sup>526</sup> zwei Zinnbronzen, einer Silber-Kupferlegierung, zwei Bleigegegenständen sowie die Ergebnisse der Massenspektrometeranalysen (LA-ICP-MS) an zwei Goldartefakten, einer Kupfererzprobe und einer Materialprobe aus der Innenfläche einer Stabbarrengussform (Kat. Nr. 156) zur Verfügung (Anhang A1).

Insgesamt wurden 67 Bleiisotopenanalysen durchgeführt. Diese umfassen die Resultate von 58 Arsenkupferobjekten, einem Silberartefakt, zwei Zinnbronzen, einer Silber-Kupferlegierung, zwei Bleigegegenständen, zwei Erzfragmenten (Kupfer, Blei) und einer Materialprobe aus der Innenfläche einer Stabbarrengussform (Kat. Nr. 156) sowie von fünf Tiegeln und einem Kupferstein-Speise-Fragment. Eine detaillierte Aufstellung der Bleiisotopenverhältnisse findet sich in Anhang A1-4.

Gleichzeitig kamen sowohl metallographische wie auch rasterelektronenmikroskopische Analysen zum Einsatz (Anhang A1-5). Dabei wurden neben Metallartefakten vor allem Tiegelbruchstücke untersucht, da die verschlackten Innenflächen mit ihren diversen metallischen und nicht-

---

<sup>524</sup> Dies trifft v. a. für den europäischen Raum zu, s. Stos-Gale 1992, 161.

<sup>525</sup> Pernicka et al. 1990; Stos-Gale 1992; Pernicka 1999.

<sup>526</sup> An weiteren zwei Arsenkupfergegenständen (Kat. Nr. 59 und 93) konnten nur Bleiisotopenanalysen durchgeführt werden, da die Probenmenge für die Spurenelementanalyse zu gering war.

metallischen Einschlüssen eine Momentaufnahme des letzten in ihnen durchgeführten Schmelz- oder Hüttenprozesses darstellen. Dies ermöglichte es, diesen detailliert zu rekonstruieren.

## VI.1. Analysemethoden

### Spurenelementanalyse

Die analytische Bestimmung der Spurenelementkonzentrationen dient dazu, die untersuchten Objekte nach ihren Elementkonzentrationen zu klassifizieren und mit Hilfe des „geochemischen Fingerabdrucks“ mögliche Gruppierungen<sup>527</sup> vorzunehmen. Dieser Herangehensweise liegt die Überlegung zu Grunde, dass Lagerstätten – abhängig von ihren Bildungsbedingungen und Bildungsvorgängen – für sie charakteristische Spurenelementkonzentrationen haben (z. B. fahlerzgeprägte Lagerstätten mit hoher Antimonkonzentration). Abhängig vom Verhalten der Elemente während des Hüttenprozesses können sich diese im Metall an- oder abreichern oder bleiben konstant und finden sich dann im erzeugten Metall wieder. Die daraus resultierenden Spurenelementmuster können – abhängig vom verwendeten Erz und den Bedingungen bei der Verhüttung – Aufschluss über die Erze und Lagerstätten geben.

Für die Herkunfts- und Materialdiskussion erwies sich vor allem die Betrachtung der Elementkonzentrationen von Silber, Nickel, Arsen und Antimon als sehr informativ.<sup>528</sup> So bleiben die Silber- und Nickelgehalte während des Verhüttungs- und auch des anschließenden Bearbeitungsprozesses in etwa stabil, während sich die Gehalte an Arsen und Antimon je nach Prozessführung etwas ändern können. Eisen, Schwefel und Molybdän sind bei Verhüttungs- und Schmelzvorgängen hingegen starken Schwankungen unterworfen und können daher nicht für solche Überlegungen herangezogen werden. Ernst Pernicka präsentierte vor Kurzem eine aktualisierte Zusammenstellung der verschiedenen charakteristischen Elemente und ihres Informationsgehaltes bezüglich der Herstellungstechnologie und der Herkunft des Metalls, die im Folgenden aufgelistet sind:<sup>529</sup>

- Herstellungstechnologie: Cr<sup>d</sup>, Fe<sup>d</sup>, Pb<sup>d</sup>, Sn<sup>d</sup>, Zn<sup>d</sup>, Al<sup>a</sup>, B, Be, Ba, Ca, Cs, Ga, Ge, Hf, K, Li, Mg<sup>a</sup>, Mn, Mo, Na, Nb, P, Rb, S, Sc, SE, Si, Sr, Ta, Ti, Th, U, V, W, Y, Zr (Sn > ca. 1%; Pb > ca. 5%; Zn > ca. 2%)
- Herkunftsanalyse und Herstellungstechnologie: As<sup>d</sup>, Co<sup>d</sup>, Pb<sup>d</sup>, Sb<sup>d</sup>, Sn<sup>d</sup>, Se<sup>d</sup>, Te<sup>d</sup>, Zn<sup>d</sup>, In, Re (Sn > ca. 1%; Pb > ca. 5%; Zn > ca. 2%)
- Herkunftsanalyse: Au<sup>d</sup>, Ag<sup>d</sup>, Bi<sup>d</sup>, Ir<sup>d</sup>, Ni<sup>d</sup>, Os, Pd, Pt, Rh, Ru, Cd<sup>b</sup>, Hg<sup>b</sup>, Ti<sup>b</sup>

<sup>a</sup> ... nur für Echtheitsbestimmung

<sup>b</sup> ... nur für gediegenes Kupfer

SE ... Seltene Erden (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu)

<sup>d</sup> ... routinemäßig analysiert

Dies macht es möglich, den Erztyp zu beschreiben und potentielle Herkunftsgebiete des verwendeten Erzes einzugrenzen oder auszuschließen. Die Werte können z. B. mittels Clusteranalyse prozessiert oder in doppellogarithmischen Diagrammen dargestellt werden, um weitere Schlüsse zuzulassen. Das funktioniert allerdings nur, wenn das Kupfer nicht durch Recycling oder Zusammenschmelzen mit Kupfer anderer Herkunft verändert wurde.

Aus allen zu untersuchenden Metallobjekten wurden Bohrproben aus dem metallischen Kern entnommen. Dabei wurde darauf geachtet, dass weder der museale Wert noch die Morphologie verändert wurden. Die anschließende Begutachtung der Metallspäne unter dem Auflichtmikroskop stellte sicher, dass ausschließlich von der Korrosion unverändertes Metall analysiert wurde. Die Analyse

<sup>527</sup> Pernicka et al. 1984; Pernicka et al. 1993, 14, Abb. 5.4; Lutz – Pernicka 1996, 313–316; Pernicka et al. 1997, 92, Abb. 16; Pernicka 1999, 163–167; Pernicka 2014a, 250–259, 253, Tab. 11.1.

<sup>528</sup> Pernicka 1995, 89–93.

<sup>529</sup> Pernicka 1987, 628–629; Pernicka 1999; Pernicka 2014a, 253, Tab. 11.1.

der Elemente Mn, Fe, Co, Ni, Zn, As, Se, Ag, Cd, Sn, Sb, Te, Au, Pb und Bi erfolgte mittels energiedispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse (ARL Quant X ( Fa. Thermo Scientific)) am Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie in Mannheim.<sup>530</sup> Jede Bohrprobe wurde in jeweils zwei Durchläufen à 600 Sekunden analysiert; die der angewendeten Vorgehensweise zugrundeliegende Laborprozedur ist in Lutz – Pernicka 1996 beschrieben.<sup>531</sup> In jedem Messzyklus wurden zwei Vergleichsproben mit bekannter Zusammensetzung der Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin (BAM211 und BAM376) zu Kontrollzwecken mitgemessen. Das Detektionslimit für Eisen (Fe) liegt bei 0,05%, für Arsen (As), Kobalt (Co) und Nickel (Ni) bei 0,01%. Die restlichen oben genannten Elemente (Ag, Au, Bi, Pb, Sb und Sn) haben ein Detektionslimit um 0,005%, die Konzentrationen der Elemente Cadmium (Cd), Mangan (Mn) und Tellurium (Te) lagen regelhaft unter diesem Limit.

### Bleiisotopenanalyse

Die Interpretationen der Spurenelementanalysen bedürfen der Überprüfung durch eine zweite unabhängige naturwissenschaftliche Messmethode – die Bleiisotopenanalyse.<sup>532</sup> Dieses ursprünglich zur Altersbestimmung geologischer Formationen herangezogene Verfahren beruht auf der Messung der natürlichen Zerfallsrate der Elemente Uran und Thorium. Diese zerfallen in die Bleiisotope <sup>206</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb und <sup>208</sup>Pb. Blei (Pb) besteht aus diesen drei Isotopen sowie dem Isotop <sup>204</sup>Pb, das nicht durch radioaktiven Zerfall entsteht. Mit fortschreitendem Alter ändert sich durch den fortwährenden Zerfall von Uran und Thorium die bleiisotopische Zusammensetzung der Erdkruste. Entsteht nun im Rahmen von geologischen Prozessen ein Erzkörper, so kommt es dabei zu einer fast vollständigen Trennung des Bleis von Uran und Thorium. In logischer Folge kann sich die isotopische Zusammensetzung der Bleilagerstätte nicht mehr signifikant ändern und bleibt konstant. Kommt es nun zur Entstehung von Lagerstätten zu unterschiedlichen Zeiten und/oder aus verschiedenen Reservoirs, so haben diese, nach Abschluss der Bildungsvorgänge, differierende bleiisotopische Zusammensetzungen, die für sie charakteristisch sind. Diese bleibt nun als permanentes Merkmal der Lagerstätte bzw. des darin enthaltenen Bleis unverändert. Auch die nachfolgenden pyrometallurgischen Prozesse ändern die Häufigkeitsverhältnisse der Bleiisotope nicht mehr, sodass sich diese in Metallartefakten oder Schlacken messen und zur Herkunftsbestimmung nutzen lassen. Kupferlagerstätten weisen oftmals eine größere isotopische Streuung auf, da bei Lagerstätten mit geringen Bleikonzentrationen die U/Pb und Th/Pb Verhältnisse nicht auf ein ausreichend niedriges Niveau reduziert wurden.<sup>533</sup> Dieses radiogene Blei ändert die bleiisotopische Zusammensetzung der Lagerstätte auch nach deren Bildung und trägt zur Streuung der Werte bei. Misst man die Konzentrationen dieser Bleiisotopen in den Erzen und Metallen, so kann man dadurch die Herkunft eines Metalls (bzw. des in ihm enthaltenen Bleis) aus einer Lagerstätte wahrscheinlich machen – oder auch ausschließen.

Zum Einsatz kam ein am Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie in Mannheim verwendeter Multikollektor-Massenspektrometer mit induktiv gekoppelter Plasmaionisation (MC-ICP-MS) der Firma Thermo Scientific (Neptun Pluss mass spectrometer). Für die Messung der Bleiisotopenverhältnisse<sup>534</sup> wurden die Bohrspäne aufgelöst und das Blei wurde chemisch abgetrennt, um Lösungen mit einer Bleikonzentration von 100 ng/ml herzustellen. Zuerst erfolgte eine Spülung der Proben mit verdünntem HNO<sub>3</sub>, um Rückstände und Verunreinigungen von der Oberfläche zu entfernen. Danach wurden die Proben in einer mehrstündigen Prozedur im Ultraschallbad bei 70°C in halbkonzentrierter HNO<sub>3</sub> aufgelöst. Unlösliche Rückstände wurden durch Dekantieren

<sup>530</sup> Nørgaard et al. 2019, 4.

<sup>531</sup> Lutz – Pernicka 1996.

<sup>532</sup> Zur Methodenbeschreibung vgl. Gale 1978; Gale – Stos-Fertner 1978; Gale – Stos-Gale 1982; Gale – Stos-Gale 2000; Stos-Gale – Gale 2009; Pernicka 2014a, 247–250, Abb. 11.3.

<sup>533</sup> Pernicka 2014a, 249.

<sup>534</sup> Das Verfahren zur Abtrennung des Bleis aus den Bohrspänen sowie die Messmethodik wird in Niederschlag et al. 2003, 64–67 und Nørgaard et al. 2019, 5 detailliert beschrieben.

entfernt, die verbleibende Lösung im Anschluss mit deionisiertem Wasser verdünnt. Die Säulen wurden mit einem PRE-Filterharz und einem Sr-Filterharz bestückt und vor der Zugabe der Lösung mit 500 µl 3N HNO<sub>3</sub> vorkonditioniert. Zuerst wurde die Matrix in vier Schritten mit HNO<sub>3</sub> und im Folgenden das Blei (Pb) mit HCl eluiert. Nach der Trocknung für 48 h wurde den Probenlösungen Thallium hinzugefügt, um die innere Massenfraktionierung zu ermitteln und zu korrigieren. Nach jeder vierten Probe wurden zur Kontrolle Standardlösungen gemessen, nach jeder Probe wurde eine intensive Reinigung der Leitungen durchgeführt. Gemessen wurden folgende Isotopenverhältnisse: <sup>208</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb und <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb. Die <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb- und <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb-Verhältnisse wurden rechnerisch aus den zuvor genannten ermittelt. Die Messgenauigkeit für Verhältnisse mit <sup>206</sup>Pb im Nenner liegt unter ± 0,01%, für <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb-Verhältnisse bei bis zu ± 0,03%. Diese Bleiisotopenverhältnisse wurden zu den gängigen Dreisotopendiagrammen kombiniert und helfen, diese Informationen optisch darzustellen.<sup>535</sup> Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieser Methode ist allerdings, dass die bleiisotopische Zusammensetzung des untersuchten Metalls nicht durch nachfolgende Prozesse, wie Legieren, Zusammenschmelzen mit anderem Metall oder die Zugabe von Blei, verändert wurde.<sup>536</sup>

Die Interpretation dieser Messungen muss abschließend durch die Gegenüberstellung mit den archäologischen Fakten<sup>537</sup> geprüft werden. Erst wenn die Resultate aller drei voneinander unabhängigen Methoden übereinstimmen, gilt das postulierte Ergebnis als verifiziert. Der finale Arbeitsschritt solcher Analysen muss es sein, diese hinsichtlich ihres kulturhistorischen Aussagewertes auf ihre Plausibilität hin zu überprüfen und entsprechend zu interpretieren.

## VI.2. Definition: Tätigkeitszonen – Werkstattareale

Um die analytischen Ergebnisse umfassender interpretieren zu können, werden sie in weiterer Folge zusammen mit ihrem archäologisch-technologischen Kontext diskutiert. Es wird untersucht, ob sich anhand der Lage der Funde und Öfen unter Einbeziehung der Analyseresultate Bereiche herausarbeiten lassen, in denen im Vergleich zu anderen Ausgrabungsflächen intensive oder spezialisierte Metallverarbeitung betrieben wurde. Dies hat den Zweck, metallurgische Tätigkeitszonen und Werkstattareale zu umschreiben und deren Lage in weiterer Folge mit anderen auf dem Tell ausgeübten Handwerken (wie etwa Textilverarbeitung) in Beziehung zu setzen.<sup>538</sup> Gab es im Lauf der Besiedlung eine Verschiebung der Tätigkeitszonen oder war Kontinuität in der Raumnutzung gegeben? Lässt sich anhand der Funde eine weitere räumliche Teilung des metallurgischen Handwerks – z. B. in Produktion und Weiterverarbeitung – erkennen oder wurden überall dieselben technologischen Arbeitsschritte durchgeführt?

### Tätigkeitszone

Als eindeutige Anzeiger für metallurgische Tätigkeiten können Gussformen, Gusstiegel, Düsen, Steinwerkzeuge, Erzreste, verschlackter oder gebrannter Lehm, Gussreste, Halbfertigprodukte und Ofenbefunde angeführt werden. Diese finden sich, so sie nicht umgelagert wurden, meistens im näheren Umfeld eines Werkstattareals bzw. Ofens. Zwar weisen Schlacken oder verschlackter bzw. gebrannter Lehm oft auf solche Zonen hin, allerdings sind sie, für sich allein genommen, nur bedingt ein konkreter Nachweis für ein Werkstattareal. Da es sich um Abfall handelt, wird er oft an einem beliebigen Platz (in der Nähe) entsorgt oder verteilt sich durch normale Siedlungstätigkeit im Lauf der Zeit über größere Flächen. Das gilt übrigens auch für die keramischen Werk-

<sup>535</sup> Stos-Gale – Gale 2009, 201, Abb. 1; Pernicka 2014a, 251, Abb. 11.4.

<sup>536</sup> Pernicka 2014a, 255.

<sup>537</sup> Pernicka et al. 1984, 534; Seeliger et al. 1985, 644; Pernicka 2014a, 250.

<sup>538</sup> Diese Definitionen können, wenn sie entsprechend adaptiert werden, auch auf andere Handwerke angewandt werden.

zeuge, die nach dem Ende ihrer Lebensdauer als Abfall behandelt werden. Die hohen thermischen Belastungen, denen eine Ofenwand, ein Tiegel oder eine Gussform ausgesetzt sind, führen dazu, dass diese oft in viele Einzelteile zerbrechen. Die kontinuierlich stattfindenden Siedlungsprozesse auf einem Tell begünstigen die weitere Fragmentierung und Zerstreuung noch zusätzlich. Als Beispiel für eine gut erhaltene frühbronzezeitliche Werkstatt kann der Befund vom Norşuntepe dienen,<sup>539</sup> einem Siedlungshügel, der von Harald Hauptmann in einer mehrjährigen Kampagne erforscht wurde. Dort wurden neben gut erhaltenen hufeisenförmigen Öfen auch Werkzeuge und Gussformen gefunden, die sich mit den Befunden des Çukuriçi Höyük vergleichen lassen.

So zeigt z. B. die Kartierung der Funde der Phase ÇuHö IV, dass in Raum 11 weniger metallurgische Reste gefunden wurden als in den anderen Räumen (Taf. 9). Da diese Funde sehr klein bzw. fragmentiert sind und auch kein metallurgisch genutzter Ofen in diesem Raum entdeckt werden konnte, ist davon auszugehen, dass dort keine Metallverarbeitung betrieben wurde. Vielmehr ist anzunehmen, dass diese Funde zufällig dorthin kamen, etwa beim Anlegen des Lehmstampfbodens (SE 661) oder des Kieselbodens (SE 662), aus dem sie stammen. Weil sie aber in einem gewissen zeitlichen oder räumlichen Naheverhältnis zu den Werkstattbefunden stehen, wurden sie ebenfalls den jeweiligen Tätigkeitszonen zugerechnet.

Eine metallurgische Tätigkeitszone definiert sich dadurch (Tab. 35), dass in ihr nicht nur diverse metallurgische Hinterlassenschaften, sondern auch die entsprechenden Installationen und Baubefunde ausgegraben wurden. Sie umschreibt einen Bereich, in dem sich mehrere Gebäude, Räume und unbebaute Flächen befinden und in dem ein breites Spektrum an metallurgischen Resten gefunden wurde.

Diese Definition umfasst sowohl Funde und Befunde, die sich noch in situ befinden (z. B. Raum 2, SE 354), als auch Artefakte, die Teil eines Lehmstampfbodens (z. B. Raum 2, SE 431) oder einer Lehmschicht (z. B. Raum 2, SE 368) gewesen sind.<sup>540</sup> Diese Tätigkeitszonen werden in weiterer Folge in mehrere Werkstattareale unterteilt, wobei ein Werkstattareal wiederum einen oder mehrere Räume umfassen kann.

Es muss aber bedacht werden, dass in diesen Tätigkeitszonen und Werkstattarealen auch andere Handwerke erfolgen konnten, wie etwa Textilproduktion, Fertigung von Obsidianklingen<sup>541</sup> oder alltägliche Tätigkeiten wie Kochen.<sup>542</sup>

Tätigkeitszone A, B, C...						
Werkstattareal 1, 2, 3...	Werkstattareal 1, 2, 3...	Werkstattareal 1, 2, 3...		Werkstattareal 1, 2, 3...		
Raum 1, 2, 3...	Fläche 1, 2, 3...	Raum 1, 2, 3...	Raum 1, 2, 3...	Raum 1, 2, 3...	Raum 1, 2, 3...	Fläche 1, 2, 3...
Nutzungs- horizont a, b, c... mit/ohne Ofen	mit Ofen	Nutzungs- horizont a, b, c... mit/ohne Ofen	Nutzungs- horizont a, b, c... mit/ohne Ofen	Nutzungs- horizont a, b, c... mit/ohne Ofen	Nutzungs- horizont a, b, c... mit/ohne Ofen	ohne Ofen mit Metallurgie- funden

Tab. 35 Schematische Darstellung der Untergliederung nach Tätigkeitszonen, Werkstattarealen, Räumen, Flächen und Nutzungshorizonten

<sup>539</sup> Hauptmann 1976, Taf. 5. Vgl. Kapitel II.2. Fundorte mit vergleichbaren Werkstattbefunden.

<sup>540</sup> Stefan Grasböck stellt diesem Schichttyp noch weitere Schichtarten wie Lehmschutt, „Bodenunterbau“ und Planierschicht gleichwertig zur Seite, s. Grasböck 2013, Taf. 18.

<sup>541</sup> Ob die Spinnwirtel auf dem Tell hergestellt wurden, kann nicht beantwortet werden. Für die Obsidianfunde wird angenommen, dass sie bereits vorgefertigt waren und vor Ort z. B. nur hinsichtlich ihrer Größe adaptiert wurden, da in den Schnitten S1–4 kein eindeutiger Abschlag/Produktionsplatz gefunden werden konnte, s. Knitter et al. 2012; Knitter et al. 2013.

<sup>542</sup> Dies kann auch für die in die erste Hälfte des 3. Jahrtausends v. Chr. datierte Werkstatt von Norşuntepe beobachtet werden, s. Hauptmann 1976; Müller-Karpe 1994, 31.

## Werkstatt/Werkstattareal

Eine Werkstatt bzw. ein Werkstattareal stellt eine Teileinheit einer Tätigkeitszone dar (Tab. 35). Da im Folgenden dieser Terminus als weiterer Unterbegriff verwendet wird, soll an dieser Stelle eine Begriffsdefinition versucht werden. Diese wird nach dem Duden folgendermaßen angegeben: „Werkstatt: Arbeitsraum eines Handwerkers mit den für seine Arbeit benötigten Geräten“.<sup>543</sup> Diese Definition impliziert eine alleinige Nutzung eines Raumes für eine ausschließlich handwerkliche Tätigkeit und orientiert sich damit an der Organisation moderner Werkstätten oder Industriebetriebe, die den unterschiedlichen Handwerken räumlich voneinander getrennte Fertigungsbereiche oder Räume zuweisen. Solch eine penible räumliche Trennung der verschiedenen spezialisierten Tätigkeiten lässt sich für die Frühbronzezeit 1 anhand der Befunde aber nicht erkennen.

Eine Werkstatt bzw. ein Werkstattareal kann nun im weitesten Sinne als Ort/Raum verstanden werden, an dem (metallische) Güter produziert und verarbeitet werden, sei es nun für den Eigengebrauch oder um sie weiterzugeben. Umgelegt auf die vorliegenden archäologischen Verhältnisse bedeutet dies, dass unter diesem Begriff alle in einem Raum gefundenen metallurgischen Hinterlassenschaften sowie die damit korrelierenden Schichten zusammengefasst werden können,<sup>544</sup> wenn sie in einem eindeutigen technologischen Befundzusammenhang stehen. Bestehen solche engen Bezüge zwischen den Funden und den ausgegrabenen (Ofen)Befunden, so kann man davon ausgehen, dass diese eine Werkstatt bzw. ein Werkstattareal bildeten. Lässt sich anhand der Befunde und Stratigraphie eine kontinuierliche metallurgische Nutzung eines Raumes während seiner einzelnen Nutzungshorizonte belegen, werden diese Funde und Befunde unter derselben Werkstattarealnummer subsumiert.

Sind einzelne Räume durch eine Tür oder einen Durchgang verbunden und wurden in beiden Räumen (gleichzeitige) metallurgische Reste gefunden, so ist es naheliegend, diese als gemeinsames Werkstattareal zu betrachten. Beispielgebend dafür können die Befunde aus Raum 1 und 2 der Siedlungsphase ÇuHö III angeführt werden, die sich zu solch einem Areal zusammenfassen lassen (Taf. 8). Dort wurde in Nutzungshorizont a des Raumes 2 ein hufeisenförmiger Ofen gefunden.<sup>545</sup> Davor – in Raum 1 – konnten in mehreren Schichten metallurgische Funde freigelegt werden,<sup>546</sup> die sowohl dem Nutzungshorizont a als auch dem Nutzungshorizont b des Raumes zugewiesen werden konnten. Diese Befunde lassen sich, obwohl sie in unterschiedlichen Nutzungshorizonten gefunden wurden,<sup>547</sup> aufgrund der analytischen Ergebnisse der technologischen Bezüge und des stratigraphischen Nahverhältnisses zu einem Werkstattareal zusammenfassen. Abschließend kann festgestellt werden, dass erst die Kombination aus stratigraphisch und technologisch zusammengehörigen Funden und Befunden – innerhalb eines oder zweier Räume – ein Werkstattareal ergibt (Tab. 35).

Im konkreten Fall erbrachten vor allem die östlich gelegenen Räume in den Schnitten S1–4 solche Befunde (vgl. Taf. 8–9). Am Çukuriçi Höyük konnten sowohl in der frühbronzezeitlichen Siedlungsphase ÇuHö III in den Räumen 1–2, 4–6, 14, 20–21 und der Freifläche F2<sup>548</sup> wie auch in den Räumen 15–19, 24 und der Freifläche F1 der etwas älteren Siedlungsphase ÇuHö IV

<sup>543</sup> Duden-Onlineversion: <<https://www.duden.de/rechtschreibung/Werkstatt>> (letzter Zugriff 26. Juli 2021).

<sup>544</sup> Dies entspricht in etwa der Definition, die im Reallexikon für germanische Altertumskunde angeführt wird, dort allerdings in Bezug auf die europäische Frühgeschichte, s. Voß 2006, 463.

<sup>545</sup> Horejs et al. 2010, 10, Abb. 2; 17, Abb. 8.

<sup>546</sup> Z. B. Schicht 354 – eine Fundlage oder Schicht 423 – ein Steinversturz, s. Horejs et al. 2010, 15–16, Abb. 4–7.

<sup>547</sup> Die stratigraphische Unterteilung in Nutzungshorizonte gilt nur für den jeweiligen Raum. Da sich die Nutzungshorizonte der einzelnen Räume aus stratigraphischer Sicht nicht direkt miteinander korrelieren oder von einander unterscheiden lassen, ist es durchaus möglich, dass z. B. der Nutzungshorizont a eines Raumes gleichzeitig mit dem Nutzungshorizont c eines anderen Raumes anzusetzen ist (Freundliche Mitteilung von B. Horejs. Vgl. Grasböck 2013).

<sup>548</sup> In der Freifläche F2 wurde Ofen 26 ausgegraben.

metallurgische Befunde festgestellt werden.<sup>549</sup> In den von Stefan Grasböck als Teil von Gebäude 7 definierten Räumen 7–12, 25–26, 28 und 35 scheinen keine metallurgischen Tätigkeiten ausgeführt worden zu sein.<sup>550</sup> Diese frühbronzezeitlichen Befunde wurden in zwei Tätigkeitszonen – eine pro Siedlungsphase – zusammengefasst und in mehrere Werkstattareale untergliedert, wie anschließend ausführlich beschrieben wird.

Im Folgenden werden nun zuerst die metallurgischen Funde vorgestellt, danach die Ofenbefunde. Abschließend werden diese Quellen zueinander in Bezug gesetzt, um Werkstattareale in diesen Gebäudekomplexen definieren zu können.

### VI.2.1. Lokalisierung der Tätigkeitszonen und Werkstattareale

Die Untersuchung der Architekturreste erfolgte durch Stefan Grasböck und Heike Lehmann, ihre Resultate bilden die Basis für die nachstehende Diskussion der Räume, Werkstattareale und Tätigkeitszonen. Im Folgenden wird daher auf diese Arbeit Bezug genommen und deren Untergliederung nach Siedlungsphasen, Gebäuden, Bauphasen, Räumen und Nutzungshorizonten übernommen.<sup>551</sup> Bei Räumen, Flächen und anderen Teilbereichen, bei denen eine solche Unterteilung nicht möglich war, wurden die Schichtpakete nach den erkennbaren bzw. interpretierbaren Ereignissen eingeteilt. So wurden z. B. die Schichten des Hofes / der Straße R15 in die Horizonte „Wegnutzung, lokaler Brandschaden, Wegnutzung-Neukonzeption, Aufgabe und Versturz, Planierung etc.“ unterteilt, die sich aber nicht direkt mit den Nutzungshorizonten der angrenzenden Räume korrelieren lassen.

Basierend auf der weiter oben beschriebenen Definition kann angenommen werden,<sup>552</sup> dass sich im Bereich des spätkalkolithisch datierten Schnittes N4 eine solche Tätigkeitszone lokalisieren lässt (Taf. 1).<sup>553</sup> Weiters ist es aufgrund der Ausgrabungsergebnisse möglich, für die Schnitte S1–4 zwei Tätigkeitszonen zu unterscheiden. Eine Tätigkeitszone umfasst die Befunde der Siedlungsphase ÇuHö III, eine weitere die der Siedlungsphase ÇuHö IV (vgl. Taf. 8–9). In Schnitt M1 wurde eine vierte Tätigkeitszone definiert, die ebenfalls der Phase ÇuHö IV zugehörig ist (Tab. 36).

Im Folgenden werden die einzelnen Räume, die Gebäude und die darin gefundenen Artefakte diskutiert und in Beziehung zueinander gesetzt. Funde, die aus den gestörten Oberflächenschichten (= ÇuHö I) stammen, werden, wenn es sich aufgrund der analytischen Ergebnisse oder ihrer Lage argumentieren lässt, ergänzend – aber mit Vorbehalt – in die Diskussion einbezogen.

Chronologie	Phase	Schnitt	Tätigkeitszone
Spätkalkolithikum	VI	N4	A
Frühbronzezeit 1	III	S1–4	B
	IV	S1–4, M1	C, D

Tab. 36 Chronologische Einordnung der Tätigkeitszonen

<sup>549</sup> In der Freifläche F1 wurden die Öfen 10 und 19 freigelegt.

<sup>550</sup> Grasböck 2013, 48.

<sup>551</sup> Grasböck 2013, 18.

<sup>552</sup> Siehe Kapitel VI.2. Definition: Tätigkeitszonen – Werkstattareale.

<sup>553</sup> Mehoffer 2014.

### VI.3. Schnitt N4: Die spätchalkolithischen Befunde – Tätigkeitszone A

Die Ausgrabungen in den Schnitten N1–4 dienten vor allem der Erforschung der spätchalkolithischen Schichtabfolgen,<sup>554</sup> die mit Abschnitten der Siedlungsphasen ÇuHö VI und V gleichzusetzen sind (Taf. 3).<sup>555</sup> Die Grabungen im Schnitt N4 ergaben eine Herdstelle, die im Licht der obigen Beobachtungen als metallurgischer Ofen (Nr. 40, Schicht SE 894) anzusprechen ist. Obwohl sich anhand der geringen Zahl und Art der Funde kein Werkstattareal<sup>556</sup> in N4 rekonstruieren ließ, war es unter Zuhilfenahme der materialanalytischen Untersuchungen möglich, auf diverse metallurgische Tätigkeiten zu schließen. Aus metallurgischer Sicht sind vier Artefakte von besonderem Interesse (Anhang A2-1). Es handelt sich um einen kleinen Metallquader (Kat. Nr. 87), eine Ahle/einen Pfriem (Kat. Nr. 59) und zwei Fragmente verschlackten/gebrannten Lehms (Kat. Nr. 287–288). Letztere weisen an ihrer Oberfläche und im Bruch eine leicht blasige Struktur auf. Dies zeigt an, dass sie so hohen Temperaturen ausgesetzt waren, dass der Lehm nicht nur durchbrannte und verziegelte, sondern bereits aufzuschmelzen begann. Solche Temperaturen werden im Rahmen des regelhaften Betriebes einer Kochstelle oder eines Keramikbrennofens nicht oder nur sehr selten erreicht. Als Ursache kommen Öfen in Frage, wie sie für verschiedene Handwerke, wie etwa die Metallverarbeitung, genutzt wurden. Alternativ ist an ein Schadfeuer zu denken, für das es im archäologischen Befund ebenso Hinweise gibt. So weist der verstürzte Wandverputz aus Schicht 812 Brandspuren auf. Dies korreliert mit den übrigen ausgegrabenen spätchalkolithischen Arealen, die allesamt durch Feuer zerstört wurden.<sup>557</sup>

Das stabförmige Kupferfragment Kat. Nr. 58 (Taf. 28) aus Schicht 311 des Schnittes N3 ist an einem Ende abgebrochen, sodass zu seiner ursprünglichen Form und Verwendung nur sehr wenig ausgesagt werden kann. Aus dem am Tellfuß gelegenen Schnitt N6 stammt ein ebenfalls in die Siedlungsphase ÇuHö VI datiertes Gesteinsstück mit partieller Malachitvererzung (Kat. Nr. 139). Es könnte entweder zur Farbherstellung oder zur Metallherstellung gedacht gewesen sein. Es sei hier erwähnt, dass es sich um oxidische oder karbonatische Kupfererze<sup>558</sup> handelt. Diese Befunde werden als Tätigkeitszone A zusammengefasst. Tiegelfragmente, Gussformen oder andere charakteristische Funde konnten in diesem Schnitt nicht geborgen werden (Anhang A2-1).

#### Schnitt M1

Unterhalb der frühbronzezeitlich datierten Kontexte (= Tätigkeitszone D) dieses Schnittes konnten bei den Grabungen im Jahr 2014 verschiedene ältere dem Spätchalkolithikum zugewiesene Befunde erfasst werden, in denen sich auch diverse Metallobjekte<sup>559</sup> fanden. Weitere metallurgisch genutzte Installationen oder Werkzeuge wie etwa Gussformen wurden nicht entdeckt, sodass für diese älteren Siedlungsreste keine metallurgischen Aktivitäten beschreibbar sind. Deswegen wurden diese nicht zu einer Tätigkeitszone zusammengefasst. Die Analyse mittels pXRF ergab, dass es sich bei allen 13 Fundobjekten um Arsenkupfer handelt.<sup>560</sup> Die Kat. Nr. 330 und 335 lassen sich zu einer Nadel ergänzen.<sup>561</sup>

<sup>554</sup> Hierzu siehe im Detail Horejs 2018.

<sup>555</sup> Schwall 2018, 180, Tab. 3.

<sup>556</sup> Da Schnitt N4 nur relativ geringe Abmessungen hatte, sodass keine zusammenhängenden Räume oder Werkstattbefunde erkannt werden konnten, wurde darauf verzichtet, diesen Bereich als eigenes Werkstattareal anzusprechen.

<sup>557</sup> Schwall 2018, 167.

<sup>558</sup> Vgl. Kapitel VI.6. Die Erzfunde.

<sup>559</sup> Kat. Nr. 327–330, 335, 342–343, 346, 352–355. Vgl. Schwall 2018, 248–249, Taf. 90–93.

<sup>560</sup> pXRF-Messung im Jahr 2014 durch L. Peloschek, ÖAI Wien.

<sup>561</sup> Vgl. Schwall 2018, 248, Taf. 90.4–5; 92.

### *Spurenelement- und Bleiisotopenanalyse*

Die oben erwähnten Metallobjekte wurden beprobt, wobei aufgrund der geringen Probenmenge aus dem Pfriem Kat. Nr. 59 nur Bleiisotopenanalysen durchgeführt werden konnten, deren Resultate aber umso bemerkenswerter waren. Glücklicherweise war es möglich, an den entnommenen Spänen REM-EDS-Analysen vorzunehmen und dadurch zumindest die Konzentrationen der Haupt- und Nebenelemente zu ermitteln (Anhang A1-3, Abb. 40).

Die Auswertung der Analyseergebnisse zeigt, dass die drei untersuchten Objekte aus Arsenkupfer mit variierender Bleikonzentration bestehen. Das stabförmige Nadel-/Pfriemfragment Kat. Nr. 58 hat eine Arsenkonzentration von 1,14% und eine Bleikonzentration von 5,5%.<sup>562</sup> Vor allem der erhöhte Bleianteil unterscheidet das Objekt von den gleichzeitig datierten späthalkolithischen Metallartefakten. Aus technologischer Sicht führt eine solch erhöhte Bleikonzentration zu einer Senkung des Schmelzpunktes des Metalls und zu einer Verbesserung der Gieß Eigenschaften. Ähnlich hohe Bleiwerte wie in Nadelfragment Kat. Nr. 58 finden sich regelhaft in Arsenkupferobjekten aus den später datierten Siedlungsphasen ÇuHö III und IV. Auch in den Antimon-, Bismut-, Nickel- und Silberkonzentrationen sowie in den Bleiisotopenverhältnissen ähnelt es mehr den frühbronzezeitlichen Funden.

Die rasterelektronenmikroskopische Analyse der Probe des Pfriems Kat. Nr. 59 lässt erkennen, dass er ebenfalls aus Arsenkupfer – allerdings ohne erhöhtem Bleianteil – besteht: seine Arsenkonzentration liegt bei ca. 2,6%. Der Metallquader Kat. Nr. 87 enthält 1,88% Arsen und 0,06% Blei.

Für diese unterschiedlichen Bleikonzentrationen bieten sich vier Erklärungsmöglichkeiten an:

- Erstens ließe sich ein Wechsel der genutzten Lagerstätte postulieren: von einer Erzlagerstätte mit geringer Bleikonzentration zu einer polymetallischen mit gemischten Kupfer- und Bleivererzungen (für das Nadelfragment Kat. Nr. 58), bei der die Signatur des Bleis wahrscheinlich wieder dominierte. Aus den osttürkischen Fundorten Hacinebi<sup>563</sup> und Arslantepe<sup>564</sup> sind solche polymetallischen Erzstücke ebenfalls bekannt geworden.
- Zweitens wäre es denkbar, dass das Nadelfragment Kat. Nr. 58, da es nicht sehr groß ist, aus jüngeren Schichten in älter datierte Schichten gelangte, z. B. durch spätere Eingriffe und Störungen, wie etwa durch einen von einem Tier angelegten Bau.
- Als dritte Erklärungsmöglichkeit käme eine Lagerstätte in Frage, die über den gesamten Erzkörper hinweg eine variable Bleikonzentration aufweist.
- Viertens wäre es möglich, die unterschiedlichen Bleikonzentrationen auf die absichtliche Zugabe von Blei zurückzuführen, um die Gießbarkeit zu verbessern. Die Bleiisotopenverhältnisse würden sich dann von denen des Kupfers zu denen des hinzulegierten Bleis entlang einer Mischungslinie, abhängig von der Menge des zugegebenen Bleis,<sup>565</sup> verändern. Dadurch würde die ursprüngliche Bleiisotopensignatur des Kupfers überprägt, wodurch eine Provenienzbestimmung des Kupfers nicht mehr möglich wäre. Es würde nur die Herkunft des hinzulegierten Bleis bestimmt werden.<sup>566</sup> Lässt man diese Möglichkeit zu, so würde dies bedeuten, dass den Metallurgen auf dem Çukuriçi Höyük bereits während des Späthalkolithikums bekannt war, dass die Mischung eines Metalls mit einem anderen dessen Eigenschaften veränderte. Nach Meinung des Verfassers ist es aber am Wahrscheinlichsten, dass die Kat. Nr. 58 durch eine Störung in die älteren Schichten gelangte.

<sup>562</sup> Ähnliche Bleiwerte finden sich in Objekten der Phase „azzurro“ aus Poliochni (Lemnos), s. Pernicka et al. 1990, 266, Tab. 1; 272.

<sup>563</sup> Özbal et al. 1999, 61.

<sup>564</sup> Hauptmann et al. 2002, 54, Tab. 1.

<sup>565</sup> Im Allgemeinen nimmt man an, dass Bleikonzentrationen unter 1 Masseprozent auf den natürlichen Bleianteil der Kupferlagerstätte zurückzuführen sind, s. Pernicka et al. 1984, 590, 593–594.

<sup>566</sup> Pernicka et al. 1984, 581.

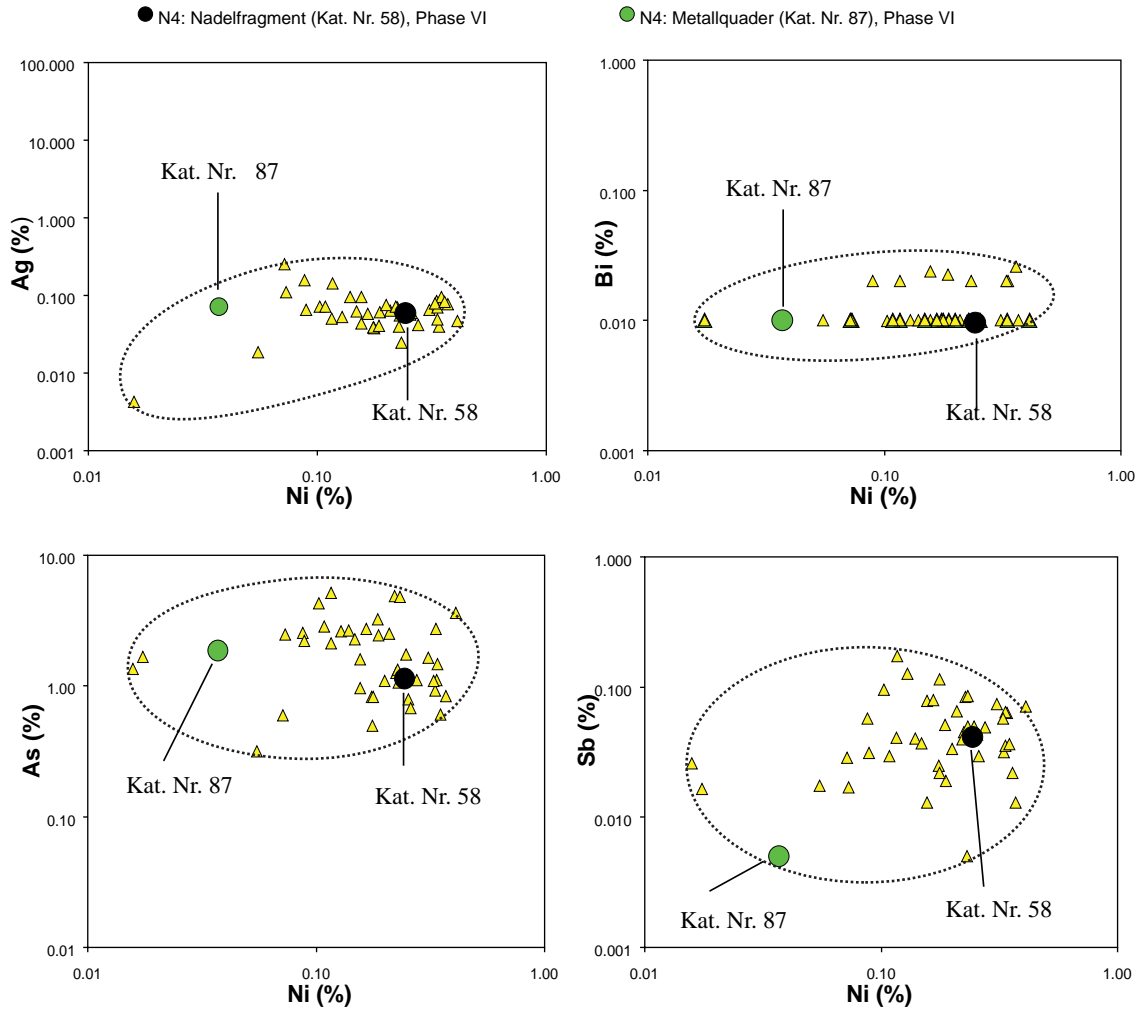


Abb. 40 Die Spurenelementkonzentrationen der spätchalkolithisch datierten Objekte der Phase VI (grüner und schwarzer Kreis) liegen im selben Bereich wie die der frühbronzezeitlichen Arsenkupferartefakte der Phasen III und IV (gelbe Symbole). Die Ellipse umschreibt deren Ausdehnung (M. Mehofer, VIAS)

Betrachtet man nun die Bleiisotopenverhältnisse der untersuchten Artefakte, so fällt die Übereinstimmung der Werte des Pfriems Kat. Nr. 59 mit denen des Metallquaders Kat. Nr. 87 auf (Abb. 41). Diese fast deckungsgleichen Bleiisotopensignaturen legen nahe, dass das Metall beider Objekte aus derselben Metallcharge stammt. Die Konzentrationen der Neben- und Spurenelemente weisen ebenfalls darauf hin, da beide Objekte sehr geringe Blei- und Nickelwerte haben bzw. diese im Fall des Pfriems unter der Nachweisgrenze des energiedispersiven Röntgenspektrometers des Rasterelektronenmikroskops liegen. Dies widerspricht ebenfalls nicht der zuvor getätigten Vermutung.<sup>567</sup>

<sup>567</sup> Die Annahme, dass beide Artefakte Importstücke von außerhalb des Tells wären, ist bei zwei Stücken mit der gleichen Bleiisotopensignatur, die sich noch dazu in einem so engen räumlichen und stratigraphischen Kontext fanden, äußerst unwahrscheinlich. Selbst unter den vielen frühbronzezeitlich datierten Fertigprodukten und Rohmetallstücken, die nachweislich auf dem Tell produziert wurden, finden sich nur sehr wenige mit derartigen Übereinstimmungen, wie z. B. Kat. Nr. 4 und 37. Vgl. Kapitel VI.4.3. Tätigkeitszone B (ÇuHö III).

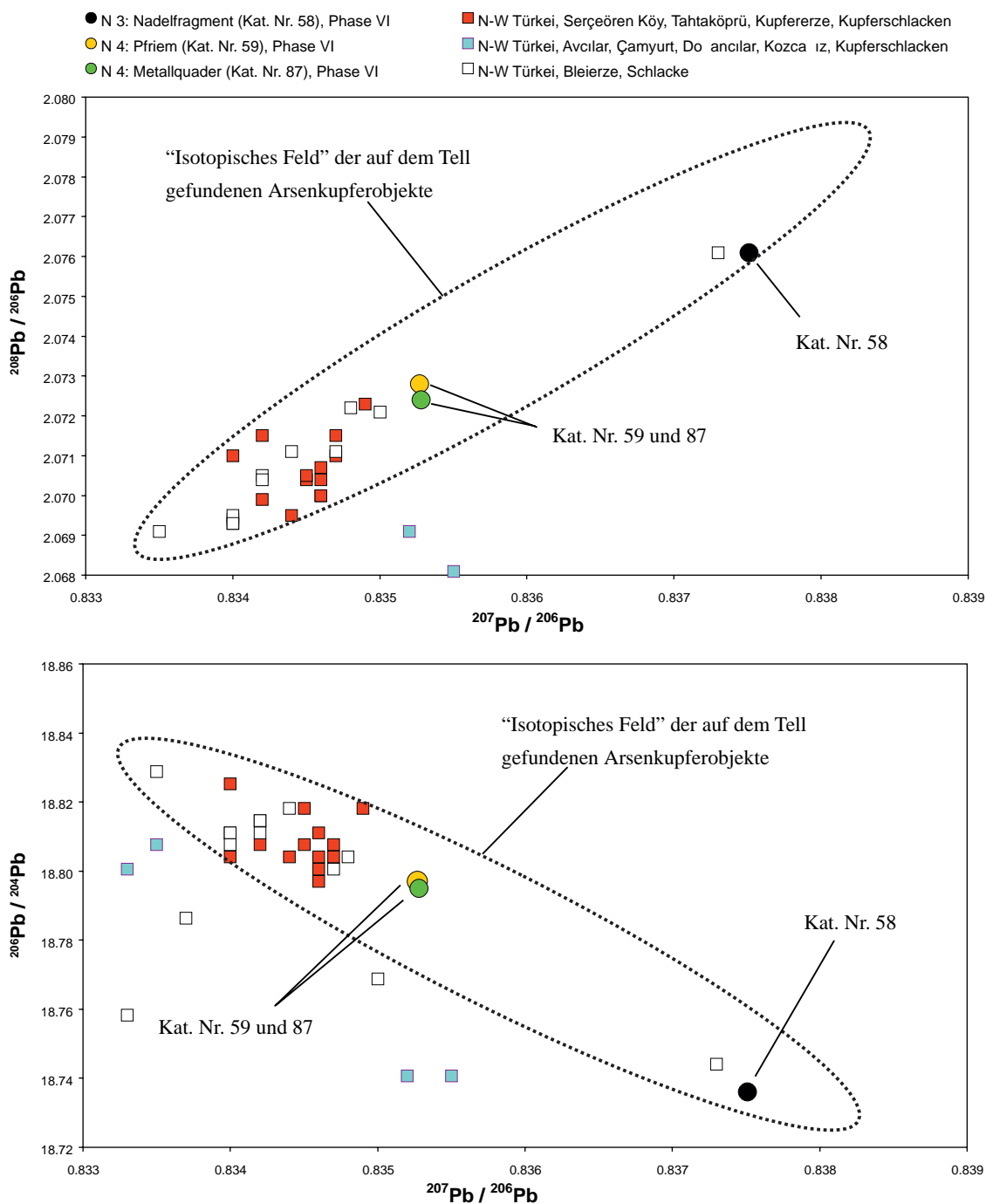


Abb. 41 Kombination der spätchalkolithisch datierten Artefakte mit nordwestanatolischen Kupfer- und Bleierzen. Die Ellipse umschreibt das isotopische Feld der frühbronzezeitlichen Arsenkupferobjekte vom Çukuriçi Höyük. Siehe dazu die nachfolgende Abb. 44. Die mittlere Standardabweichung ist kleiner als die dargestellten Symbole, Daten: Bege-  
mann et al. 2003, 193, Tab. 4 (M. Mehofer, VIAS)

Ein weiteres auffälliges Indiz ist die unmittelbare räumliche Nähe beider Objekte zueinander. Sie wurden in verschiedenen, einander überlagernden Schichten ausgegraben, nur ca. 0,4 m voneinander entfernt. Die Tatsache, dass es sich um einen Metallbarren und ein Fertigprodukt handelt, lässt unter Berücksichtigung obiger Beobachtungen den Schluss zu, dass der Pfriem aus dem Metall des Metallquaders gefertigt wurde. Es kann deshalb als durchaus möglich angesehen werden, dass bereits während des Spätchalkolithikums die Metallverarbeitung und Herstellung von Metallgegenständen auf dem Tell selbst erfolgte.

Eine Evaluierung der Spurenelement- und Bleiisotopenverhältnisse zeigt, dass die Werte der spätchalkolithischen und die der frühbronzezeitlichen Objekte im selben engen Streubereich liegen. Dies lässt in Kombination mit dem Ofenbefund darauf schließen, dass während des Spätchalkolithikums bzw. der Frühbronzezeit 1 Metall aus denselben Bergbauregionen bezogen wurde (Abb. 40).

#### VI.4. Schnitte S1–4: Die frühbronzezeitlichen Befunde

Die Schnitte S1–4 bieten für eine Unterteilung in Werkstattareale bessere Voraussetzungen: Einige der Räume in den Gebäuden (Tab. 37–38) lassen sich zu Werkstattarealen zusammenfassen.

Im Rahmen der Bearbeitung der Architekturreste war es möglich, einzelne Räume herauszustellen, die mittels eines Türangelsteines miteinander verbunden waren.<sup>568</sup> Wenn es die Ausgrabungsergebnisse zuließen, wurden sie als ein Werkstattareal betrachtet. In der Mauer zwischen Raum 18 und 19 konnte ein solcher Türangelstein festgestellt werden, sodass ein Durchgang zwischen diesen Räumen sehr wahrscheinlich ist.

In den Räumen 7–13, 15, 17, 21 und 23–34 konnten keine Ofenbefunde oder andere metallurgische Funde in ausreichendem Maße festgestellt werden, sodass es nicht möglich war, ein Werkstattareal nach obigen Kriterien zu definieren. Obwohl in den Räumen 24 und 28 jeweils ein Ofen (18 und 20) vorhanden war, werden diese aufgrund des kompletten Fehlens korrelierender Funde wie auch der zu großen Abmessungen (z. B. bei Ofen 18) nicht als metallurgische Öfen angesprochen.<sup>569</sup> Raum 24 mit den darin festgestellten Resten des Ofens 20 kann wegen der geringen Größe der ergrabenen Fläche nicht beurteilt werden. Unterhalb von Raum 16 wurden noch die Reste des Ofens 9 angetroffen, der aber nicht mehr Teil der diesem Raum zugehörigen Befunde und Nutzungshorizonte war. Im Raum 5 des Werkstattareals 3 wurden nur sporadisch Objekte

Gebäude	Räume	Siedlungsphase
G1	R4, 5, 6, 14, 20, 21	III (FBZ 1)
G2	R22, 23	III (FBZ 1)
G3	R1, 2, 3, 33	III (FBZ 1)
G4	R16	IV (FBZ 1)
G5	R18, 19, 29, 34	IV (FBZ 1)
G6	R24	IV (FBZ 1)
G7	R7, 8, 9, 10, 11, 12, 25, 26, 28, 35	IV (FBZ 1)

Tab. 37 Einteilung der Räume nach Gebäuden nach Grasböck 2013, 46, Tab. 1

<sup>568</sup> Grasböck 2013, 42.

<sup>569</sup> Vgl. Kapitel III.2.3. Befunddiskussion: Öfen für Metallverarbeitung.

Tätigkeitszone	Werkstatt-areal	Räume	Gebäude	Siedlungsphase	Schnitt	Ofen Nr.
A	–	–	–	VI (Spätchalk.)	N4	–
B	W1	R1, R2	G3	III (FBZ 1)	S1–4	O1
B	W2	R4	G1	III (FBZ 1)	S1–4	O13
B	W3	R5	G1	III (FBZ 1)	S1–4	O2
B	W4	R6	G1	III (FBZ 1)	S1–4	O11, O12, O16, O17
B	W5	R14	G1	III (FBZ 1)	S1–4	O25
B	W6	R20, R21	G1	III (FBZ 1)	S1–4	O14, O15
B	W7	R22 und F2	/	III (FBZ 1)	S1–4	O26
C	W8	R16 (+ R15/ Hof/Straße)	G4	IV (FBZ 1)	S1–4	O3, O8
C	W9	R18	G5	IV (FBZ 1)	S1–4	O4, O5, O6, O21, O22, O23, O24
C	W10	R19	G5	IV (FBZ 1)	S1–4	O7
C	W11	F1	/	IV (FBZ 1)	S1–4	O10, O19

Tab. 38 Aufgliederung der Schnitte S1–4 und N4 nach Tätigkeitszonen und Werkstattarealen mit den jeweils darin gefundenen Öfen. Die Gebäudeeinteilung wurde aus der Arbeit von St. Grasböck entnommen

gefunden, die sich mit Metallverarbeitung korrelieren lassen. Deshalb ist dieses Werkstattareal im Vergleich zu den anderen als nicht gleichwertig klassifiziert worden.

Von den 84 in diesen Räumen ausgegrabenen Katalognummern mit Metallfunden wurden insgesamt 37 Arsenkupfergegenstände<sup>570</sup> einer Spurenelement- und Bleiisotopenanalyse unterzogen. Zusätzlich wurden fünf Tiegel, das Kupferstein-Speise-Fragment, die Edelmetallgegenstände,<sup>571</sup> ein Bleifragment, eine mit Blei durchsetzte Keramikprobe aus dem Inneren einer Stabbarrengussform und ein Stein mit partieller Malachitvererzung<sup>572</sup> analysiert.

Diese Objekte verteilen sich folgendermaßen auf die Schnitte und Siedlungsphasen:

- S1–4: Phase I: 6 Fertigprodukte, 5 Halbfertigprodukte und Gussreste, 1 Bleifragment  
S1–4: Phase III: 7 Fertigprodukte, 7 Halbfertigprodukte und Gussreste, 1 Silberfragment, 1 Silber-Kupferlegierung, 1 Bleifragment, 4 Tiegelfragmente, 1 Kupferstein-Speise-Fragment, 1 Erz
- S1–4: Phase IV: 5 Fertigprodukte, 6 Halbfertigprodukte und Gussreste, 1 Tiegelprobe
- M1: Phase I: 5 Fertigprodukte, 1 Stabbarrenfragment
- M1: Phase IV: 1 Fertigprodukt, 1 Gussrest

<sup>570</sup> Diese Anzahl umfasst sowohl die aus frühbronzezeitlichen Kontexten stammenden Objekte als auch die aus direkt darüberliegenden gestörten Oberflächenschichten stammenden Artefakte (11 Arsenkupferfunde, 1 Bleifragment), die aber aufgrund ihrer Form eine Datierung in die Frühbronzezeit vermuten lassen.

<sup>571</sup> Diese umfassen einen Silberohrring (Kat. Nr. 132), ein Goldblechfragment (Kat. Nr. 133), eine Goldperle (Kat. Nr. 134) und ein Objekt aus einer Silber-Kupferlegierung (Kat. Nr. 135).

<sup>572</sup> Dieses Fragment (Kat. Nr. 141) wurde von Danilo Wolf im Rahmen seiner Dissertation untersucht, s. Wolf 2017, 123.

## VI.4.1. Arsenkupfer und seine Verarbeitung auf dem Tell

Bevor eine Diskussion der Detailergebnisse erfolgt, sollen zuerst die übergeordneten Resultate der Analysen vorgestellt werden. Wiederum wurden die Arsen-, Antimon-, Bismut-, Nickel- und Silberkonzentrationen sowie die Bleisotopenverhältnisse<sup>573</sup> zur Bewertung herangezogen.

Wie schon für die späthalkolithischen Funde festgestellt worden ist, bildet Arsenkupfer die dominierende „Metallsorte“.<sup>574</sup> Bis auf sechs Ausnahmen<sup>575</sup> sind alle Gegenstände, die Kupfer als Hauptelement enthalten, dieser „Metallsorte“ zuzuordnen. Ist im Kupfer das Element Arsen vorhanden, so verbessert es seine Gießbarkeit und erhöht bei entsprechender Schmiedebehandlung auch die Härte des Kupfers. So steigt bei Arsenkupfer mit einer Arsenkonzentration von ca. 3–4% die Härte erst ab einer Reduktionsrate von ca. 5%.<sup>576</sup>

Kupfer nimmt, wenn es schmelzflüssig ist, Sauerstoff auf, den es beim Abkühlen<sup>577</sup> wieder abgibt. Diese Entgasungen führen zu Lunkern im Metall, die die Qualität verschlechtern. Das Arsen bindet diese Gase und führt dazu, dass das Metall im kalten Zustand keine oder nur sehr wenige Mikro- bzw. Makrolunker aufweist. Zusätzlich verschiebt das Arsen – bei entsprechender Konzentration – den rötlichen Farbton des Kupfers hin zu einer mehr gelblichen Farbe und könnte sogar dazu geführt haben, dass die Oberflächen ein silbriges Erscheinungsbild<sup>578</sup> hatten. Diese Vorteile haben dazu geführt, dass Arsenkupfer bevorzugt benutzt wurde. Neben Arsen bildet bei fast allen Objekten Blei ein weiteres wichtiges Legierungselement. Die Tab. 39 präsentiert die Mittelwerte der für die Auswertung wichtigen Neben- und Spurenelemente pro Schnitt und Siedlungsphase.

Wie später noch ausführlich diskutiert wird, ist ersichtlich, dass die Funde aus den gemeinsam betrachteten Schnitten M1 und N7, bei denen es sich um Waffen und einen Meißel<sup>579</sup> handelt, die höchste durchschnittliche Arsenkonzentration von über 3,5% aufweisen, während die Werte der restlichen Gegenstände zwischen 1–2% Arsen liegen. Einschränkend muss jedoch erwähnt werden, dass aus M1 neben den Waffen und dem Meißel zusätzlich nur zwei Bronzen<sup>580</sup> sowie ein Stabbarrenfragment analysiert wurden, während aus den anderen Schnitten auch noch zahlreiche weitere Gussreste und Halbfertigprodukte untersucht wurden.

Schnitt	Phase	Cu	SD	Ni	SD	As	SD	Ag	SD	Sb	SD	Pb	SD
N4	ÇuHö VI (2)	95	4,3	0,14	0,1	1,51	0,5	0,066	0,01	0,023	0,03	2,80	3,9
S1–4	ÇuHö I (11)	94	1,5	0,19	0,1	1,80	1,1	0,064	0,02	0,052	0,04	3,10	1,3
S1–4	ÇuHö III (15)	94	3,6	0,19	0,1	1,78	1,0	0,081	0,06	0,050	0,04	3,43	2,7
S1–4	ÇuHö IV (11)	95	1,3	0,23	0,1	1,56	1,24	0,064	0,04	0,050	0,02	2,88	1,4
M1	ÇuHö I (6)	94	1,9	0,21	0,1	3,2	1,56	0,051	0,02	0,055	0,02	2,18	1,4
M1	ÇuHö IV (2 Bz)	90	0,3	0,29	0,1	0,06	0,01	0,07	0,02	0,03	0,008	0,45	0,51

Tab. 39 Mittelwerte und Standardabweichung (SD) der wichtigsten Haupt-, Neben- und Spurenelemente aller analysierten Arsenkupfergegenstände, aufgeteilt nach Grabungsschnitten. Die Bronzen (Kat. Nr. 130, 331) aus Schnitt M1 werden separat aufgelistet, während Kat. Nr. 46 aus Schnitt N7 (Phase ÇuHö I) dem Schnitt M1 zugeschlagen wird. In den Klammern ist die Anzahl der Analysen eingetragen. Bz = Bronzegegenstand. Alle Angaben in Masseprozent

<sup>573</sup> Niederschlag et al. 2003.

<sup>574</sup> Pernicka et al. 1984; Pernicka 1987; Pernicka et al. 1990, 266, Tab. 1; Pernicka 1995; Yalçın 2000a; Efe 2002, 51; Begemann et al. 2003, 160.

<sup>575</sup> Die Kat. Nr. 68, 130–131, 331 und 356 (beides Bronzeobjekte) und Kat. Nr. 135 (Silber-Kupferlegierung).

<sup>576</sup> Northover 1989, 113, Abb. 13.3; Lechtman 1996, 494, Abb. 18.

<sup>577</sup> Northover 1989; Schmitt-Strecker et al. 1992, 110, Anm. 6; Lechtman 1996.

<sup>578</sup> Smith 1973; Pernicka 1987, 626; Rehren – Pernicka 2014, 246–247.

<sup>579</sup> Kat. Nr. 45–49 und 60.

<sup>580</sup> Mehofer 2016.

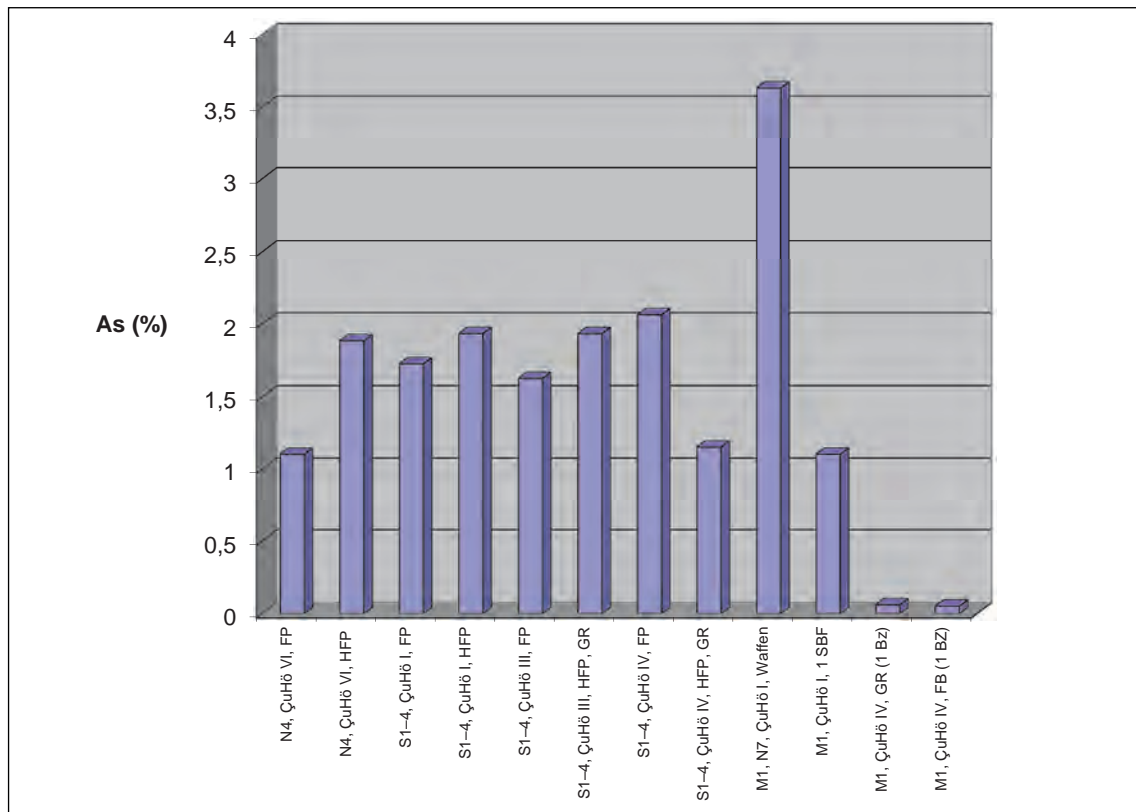


Abb. 42 Mittelwerte der Arsenkonzentrationen aller analysierten Buntmetallgegenstände, aufgeteilt nach technologischen Gruppen, Grabungsschnitten und Artefaktklassen. Der Dolch Kat. Nr. 46 aus N7 wurde Schnitt M1 zugeschlagen. Die Bronzen (Kat. Nr. 130, 331) und das Stabbarrenfragment Kat. Nr. 69 (SBF) aus Schnitt M1 wurden separat dargestellt. GR = Gussrest, HFP = Halfertigprodukt, FP = Fertigprodukt. Alle Angaben in Masseprozent (M. Mehofer, VIAS)

Da in der vorherigen Durchschnittsberechnung nicht berücksichtigt wurde, ob es sich um Halb- oder Fertigprodukte handelt, wurde eine weitere Trennung nach diesen technologischen Gruppen unternommen (Abb. 42). Betrachtet man nun diese Werte, so wird noch offensichtlicher, dass die Waffen und der Meißel aus den Schnitten M1 und N7<sup>581</sup> eine deutlich erhöhte Arsenkonzentration mit einem Maximum von 5,2% aufweisen (Abb. 43). Die an den Halfertigprodukten und Nadeln aus M1 durchgeführten REM-EDS-Analysen lassen auch erkennen, dass die durchschnittliche Arsenkonzentration dieser Gegenstände zwischen 1–2% As variiert und damit den schon bekannten Werten entspricht (Anhang A1-5). Es gibt jedoch auch Nadeln mit hoher Arsenkonzentration aus den Schnitten S1–4, wie etwa eine Nadel mit umgekehrt konischem Kopf (Kat. Nr. 17) mit 4,3% As oder eine Nadel mit langgestreckt-bikonischem Kopf (Kat. Nr. 9) mit 4,9% Arsen.

Anhand der Analysen lassen sich auch einige Artefakte<sup>582</sup> herausstellen, die eine Bleikonzentration unter 1% haben, sodass anzunehmen ist, dass sie nicht mit Blei legiert wurden; sie enthalten alle über 1% As. Die restlichen Arsenkupfergegenstände haben Bleikonzentrationen, die

<sup>581</sup> Dies ist das Dolchfragment Kat. Nr. 46 aus Schnitt N7.

<sup>582</sup> Objekte mit geringer Bleikonzentration unter 1 Masseprozent umfassen folgende Artefakte: aus Schnitt N4: Kat. Nr. 87; aus den Schnitten S1–4, Phase I: Kat. Nr. 102; Phase III: Kat. Nr. 113, 118 (beides Gussreste), 135 (Halfertigprodukt) und 220; Phase IV: Kat. Nr. 9 (Nadel), 126 (Gussrest) und 135; aus den Schnitten M1 und N7: Phase I: Kat. Nr. 48 (Griffplattendolch), 49 (Griffdordolch) und 130 (Bronzegussrest).

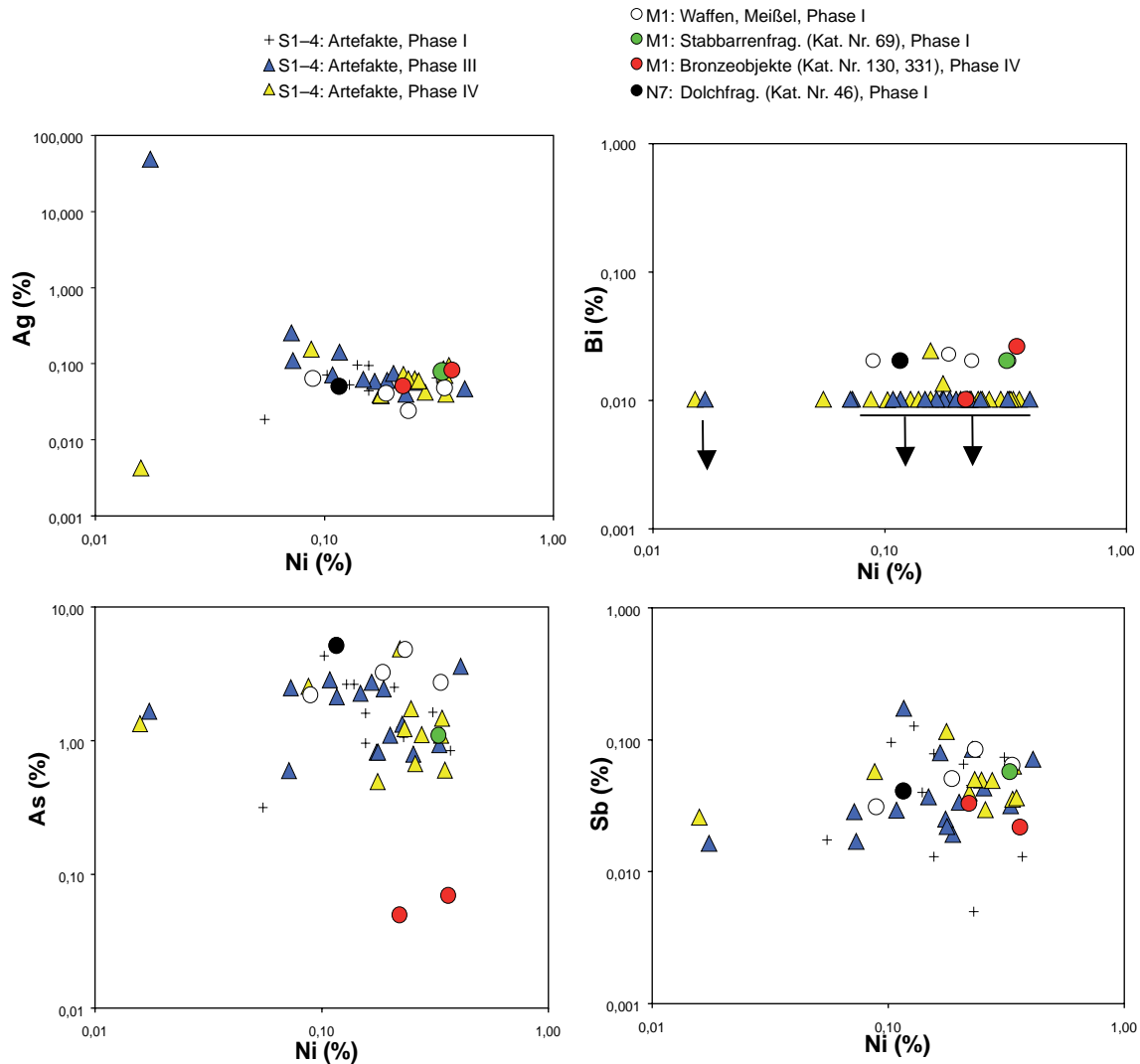


Abb. 43 Spurenelementkonzentrationen aller in den Schnitten S1–4, M1 und N7 gefundenen frühbronzezeitlichen Artefakte. Alle Werte in Masseprozent (M. Mehofer, VIAS)

zwischen 2–4% liegen und damit z. B. mit denen der Funden aus Poliochni (Phase „azzurro“)<sup>583</sup> vergleichbar sind. Die Analysen der Artefakte aus Thermi (Phase Thermi I und II) hingegen weisen eine bedeutend größere Schwankungsbreite auf, die zwischen <0,05% und 33% Pb liegt.<sup>584</sup> Die Werte der Funde vom Beşiktepe, um einen weiteren wichtigen Vergleichsfundort zu nennen, lassen für die Troia I-zeitlichen Artefakte<sup>585</sup> sowohl Objekte mit niedrigen Bleikonzentrationen unter 1% wie auch einige mit Bleikonzentrationen deutlich über 1% beschreiben. Beachtenswert ist, wie im Folgenden ausführlich diskutiert wird, dass es keine klare Korrelation zwischen Fertigungsgrad und Arsenkonzentration gibt.

<sup>583</sup> Pernicka et al. 1990, 266, Tab. 1.

<sup>584</sup> Stos-Gale 1992, 175, Appendix 3.

<sup>585</sup> Begemann et al. 2003, 189, Tab. 3.

### Bleiisotopenanalyse

Die Bereiche, in denen die für die Auswertung relevanten Bleiisotopenverhältnisse variieren, sind im Vergleich zu denen von anderen westanatolischen Funden als relativ eng zu bezeichnen (Anhang A1-4, Abb. 44, 67). Die  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnisse aller analysierten Artefakte bewegen sich zwischen 2,0689 und 2,0793, wobei nur ein Ausreißer (Bleikügelchen Kat. Nr. 136) diesen Verhältniswert mit 2,1132 überschreitet. Da es sich bei dieser Kat. Nr. 136 um ein Objekt<sup>586</sup> aus gestörten Oberflächenschichten handelt, dessen analytische Resultate für die Bewertung der stratifizierten Funde nicht herangezogen werden dürfen, ist die Schwankungsbreite der relevanten Bleiisotopenverhältnisse mit 2,0689–2,0793 anzugeben. Die  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnisse variieren zwischen 0,8331 und 0,83819, die für die Auswertung relevanten  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Verhältnisse liegen zwischen 18,737 und 18,842 (exkl. dem zuvor erwähnten Bleikügelchen Kat. Nr. 136).<sup>587</sup> Sie umschreiben damit ein relativ eng gestreutes Isotopenfeld, das z. B. noch geringere Ausdehnung hat, als es für die Funde aus der Troas<sup>588</sup> angegeben wird. Lässt man auch noch einen Ausreißer unter den stratifizierten Arsenkupfergegenständen – eine Nadel mit tropfenförmigem Kopf und umlaufender Leiste am Hals (Kat. Nr. 29) – außer Acht, so würde sich das Feld noch weiter verengen. Das niedrigste  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnis würde in diesem Fall von einem Halbfertigprodukt, nämlich der Nadel Kat. Nr. 77 repräsentiert. Das Verhältnis des Silberohrings Kat. Nr. 132 liegt aber mit 0,83469 noch etwas darunter.

Innerhalb dieses engen Bereiches finden sich nicht nur die Bleiisotopenverhältnisse der spätchalkolithisch datierten Artefakte, sondern auch die der untersuchten Tiegel und des Kupferstein-Speise-Fragments (Kat. Nr. 185, 190, 195, 193, 216 und 220).<sup>589</sup> Durch diesen Umstand ist es möglich, das auf dem Tell gefundene Metall mit den in den Tiegeln gefundenen Metallresten in Verbindung zu bringen. Zwischen den Bleiisotopenverhältnissen einzelner Artefakte und denen der Tiegelproben kann immer wieder eine gewisse Nähe, aber nie eine exakte Korrelation festgestellt werden. Diese Abweichungen lassen sich u. U. dadurch erklären, dass es durch die aufgeschmolzene Tiegelwandung zu einem Eintrag von Blei und damit zu einer geringfügigen Veränderung der Bleiisotopenverhältnisse kommt. Auch darf man aufgrund von unterschiedlichen Metallchargen von vornherein nicht erwarten, dass es zu numerisch exakten Übereinstimmungen kommt.

Vom Tell sind zwei metallische Bleistückchen (Kat. Nr. 136 und 137), ein Bleiglanzfragment (Kat. Nr. 142) und drei stark bleihaltige Proben untersucht worden. Bei letzteren handelt es sich um die Kat. Nr. 156 sowie um die Tiegelfragmente Kat. Nr. 162 und 193. Es sei in diesem Zusammenhang bereits auf die weiter unten diskutierten Resultate des Tiegelfragmentes Kat. Nr. 185<sup>590</sup> verwiesen (Abb. 49). Seine Bleiisotopenverhältnisse liegen in unmittelbarer Nähe zu denen eines auf dem Tell gefundenen Bleiglanzfragmentes (Kat. Nr. 142) und machen damit wahrscheinlich, dass das daraus gewonnene Blei dem Arsenkupfer auch zugegeben worden ist. Solch eine Vorgehensweise hat aber gravierende Auswirkungen auf die Interpretation der Werte, weil sie dazu führt, dass die Isotopensignatur des zugegebenen Bleis die des natürlich im Kupfererz vorkommenden Bleis entlang einer Mischungslinie verändert. Diese Erklärungsmöglichkeit für abweichende Bleiisotopenverhältnisse könnte auch auf die diversen Grenzfälle angewendet werden, um so Ausreißer in den Analyseergebnissen zu erklären. Dies muss aber immer mit Vorsicht und Bedacht geschehen, um nicht diverse Zirkelschlüsse zu konstruieren.

<sup>586</sup> Dieses Objekt könnte auch zu einem späteren Zeitpunkt, etwa im Rahmen der römischen oder neuzeitlichen Bebauung, auf den Tell gekommen sein. Seine gänzlich unterschiedlichen Bleiisotopenverhältnisse lassen dies vermuten, da sie mit keiner aus prähistorischer Zeit bekannten Lagerstätte übereinstimmen.

<sup>587</sup> Das zuvor erwähnte Bleikügelchen Kat. Nr. 136 weist ein  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnis von 0,87609 auf.

<sup>588</sup> Begemann et al. 2003, 188, Abb. 7; 189, Tab. 3.

<sup>589</sup> Nach erfolgter Probenpräparation für die auflichtmikroskopische Beurteilung der Mikrogefüge konnten in den verschlackten Innenflächen Bereiche ausgemacht werden, die metallische Einschlüsse und/oder mit Metall hoch angereicherte Zonen enthielten. Diese wurden aus den Proben extrahiert und untersucht.

<sup>590</sup> Vgl. Kapitel VI.4.3.1. Werkstattareal 1.

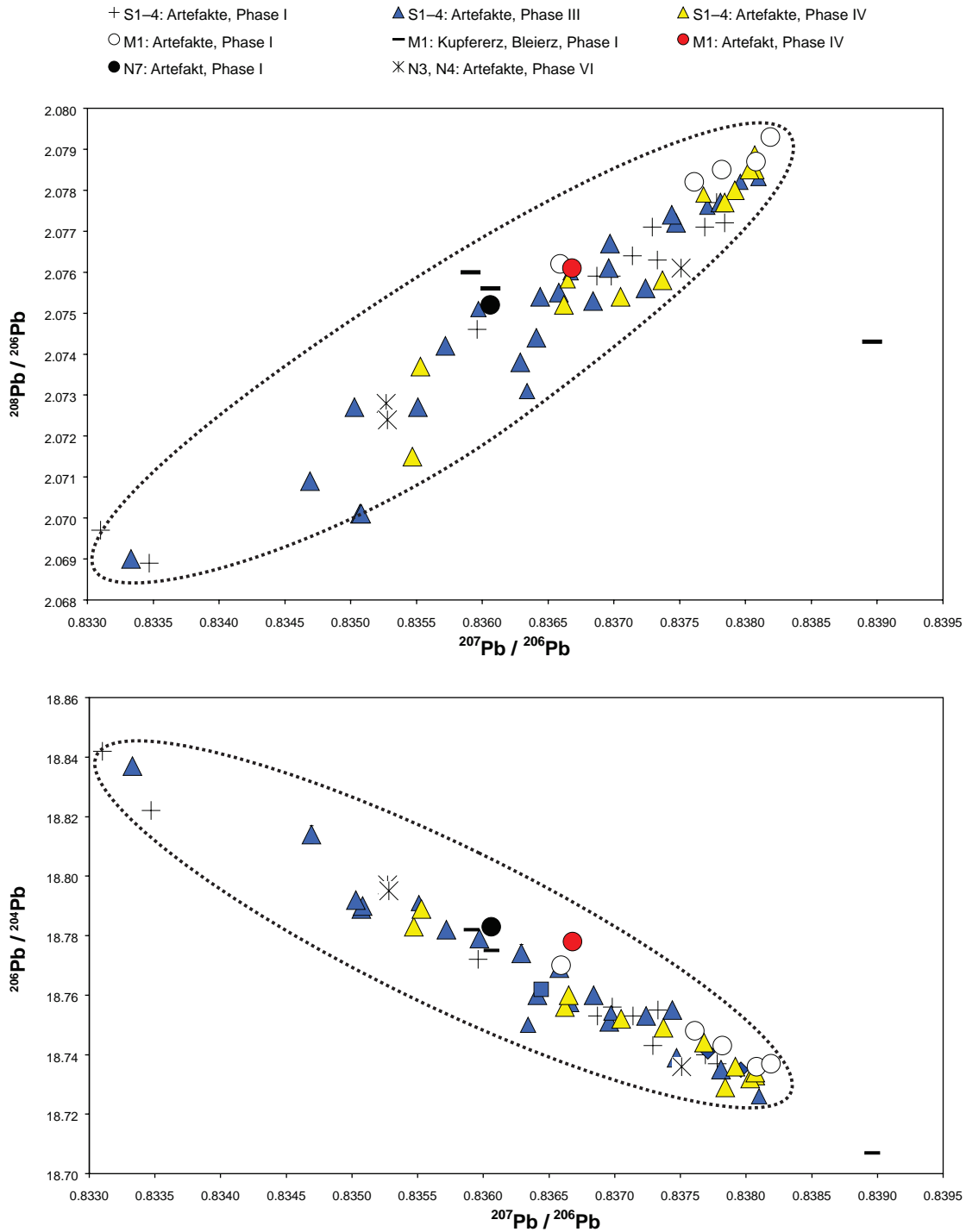


Abb. 44 Vereinfachte Darstellung der Bleisotopenverhältnisse aller analysierten Metallobjekte, Tiegel, Erze und sonstiger Schmelzabfälle. Die mittlere Standardabweichung entspricht der Größe der Symbole. Die Ellipse umschreibt das „isotopische Feld“ der Artefakte vom Çukuriçi Höyük. Die Kat. Nr. 331 hat stark abweichende Isotopenverhältnisse und ist deshalb als Import zu betrachten. Sie ist in Abb. 57 und Abb. 66 dargestellt (M. Mehofer, VIAS)

#### VI.4.2. Gussreste, Halbfertig- und Fertigprodukte

Im Folgenden sei zuerst eine zusammenfassende Beurteilung unter herstellungstechnischen Gesichtspunkten versucht, um einen besseren Einblick in die Technologiekette zu bekommen. Ziel der Diskussion nach technologischen Gruppen (Gussreste – Halbfertigprodukte – Fertigprodukte) ist die Untersuchung, ob es eine bewusste Materialauswahl für bestimmte Artefaktgruppen gab oder ob es während des Produktionsprozesses zu An- oder Abreicherungsprozessen<sup>591</sup> gewisser Spurenelemente kam. Ist es z. B. möglich zu erkennen, ob das Kupfer von der Produktion zum Fertigprodukt einen stringenten Prozess durchlief, was möglicherweise anhand von Abreicherungsprozessen der Spurenelemente, wie etwa bei Arsen, zu erkennen wäre? Oder lässt die Spurenelementkonzentration einen komplexen Metallkreislauf erkennen, der sowohl durch frisch hergestelltes wie auch wieder eingeschmolzenes Metall gespeist wird? Da aus Schnitt M1 aufgrund von organisatorischen und finanziellen Gründen nur wenige Objekte aus der Phase ÇuHö IV untersucht wurden und diese Objekte aus Zinnbronze (mit sehr niedrigen Arsenkonzentrationen) hergestellt wurden, wurden diese Resultate nicht in die Diskussion miteinbezogen. Zu den Schlussfolgerungen bezüglich der Zinnbronzeherstellung siehe Kapitel VI.5.2. Die Bronzeobjekte.

##### VI.4.2.1. Siedlungsphase ÇuHö III

###### Gussreste und Halbfertigprodukte

Die aus Siedlungsphase ÇuHö III untersuchten Gussreste und Halbfertigprodukte (Anhang A1-3) umfassen sieben Katalognummern. Bei Kat. Nr. 77 handelt es sich um ein Halbfertigprodukt, während die Kat. Nr. 110, 113, 115, 118–119 und 127 als Gussabfälle bzw. Gusskügelchen anzusprechen sind. Die Arsenwerte dieser Gegenstände bewegen sich zwischen 0,6 und 3,6% (Abb. 43, Anhang A2-2). Das Artefakt mit der niedrigsten Arsenkonzentration ist das Metallkügelchen Kat. Nr. 119 aus Werkstattareal 7 (Raum 22), das interessanterweise auch eine niedrige Bleikonzentration von 1,18% aufweist.

Die Arsenkupferkügelchen<sup>592</sup> Kat. Nr. 110 und 113 stammen aus dem Werkstattareal 1. Ihre Spurenelementwerte stimmen zwar nicht exakt überein, doch lässt sich dies schlüssig durch unterschiedliche Gusschargen oder zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführte Schmelzprozesse erklären. Interessant ist, dass die Kat. Nr. 113 eine Bleikonzentration von nur 0,7% besitzt, sodass man überlegen kann, dass Blei hier nicht zusätzlich zugegeben wurde. Die Kat. Nr. 118 und 119 sowie einige andere Metallgegenstände haben ebenfalls vergleichbar niedrige Bleikonzentrationen. Deshalb kann man davon ausgehen, dass auch sie kein zulegiertes Blei enthalten und somit die ursprüngliche Bleiisotopensignatur des Kupfers aufweisen. Generell liegen die Bleiwerte zwischen 0,27 und 5,3%, mit einem Ausreißer auf 11,1% (Anhang A1-3). Eventuell wurde dieser – ein Gusskügelchen (Kat. Nr. 115) – in einem Bereich beprobt, in dem aufgrund von Abkühlungsvorgängen das Blei angereichert war, denn in keinem anderen Arsenkupfergegenstand wurde eine derart hohe Bleikonzentration festgestellt. Ein als Halbfertigprodukt für z. B. eine Nadel wie etwa Kat. Nr. 77 anzusprechender vierkantiger Metallstab wurde im Werkstattareal 6 (Raum 20 und 21) gefunden. Es hat eine Arsenkonzentration von nur 0,79%, weist aber mit 5,3% Pb die zweithöchste Bleikonzentration aller aus Phase ÇuHö III analysierten Objekte auf.

<sup>591</sup> Pernicka 2014a, 258–259.

<sup>592</sup> Diesen ist noch das ebenfalls aus Werkstattareal 1 stammende Bleifragment Kat. Nr. 137 zur Seite zu stellen.

## Fertigprodukte

Aus dieser Artefaktklasse wurden ebenfalls sieben Stücke untersucht: eine Nadel mit vierkantigem Kopf (Kat. Nr. 4), eine Nadel mit flach kugeligem Kopf (Kat. Nr. 15), eine Nadel mit tropfenförmigem Kopf und umlaufender Leiste am Hals (Kat. Nr. 29), ein Nadelfragment (Kat. Nr. 37), zwei Meißelfragmente (Kat. Nr. 63–64) und ein komplett erhaltener gedrungener Meißel/eine komplett erhaltene gedrungene Punze (Kat. Nr. 65).

Die Spurenelementgehalte der Kat. Nr. 4, die in Raum 6 gefunden wurde, wie auch der Kat. Nr. 37, die im angrenzenden Raum 20 ausgegraben wurde, sind nahezu identisch. Beide haben eine Arsenkonzentration von 0,82% und ähnlich hohe Bleianteile von 3,1 bzw. 3,9%. Auch die Antimon-, Nickel- und Silberkonzentrationen sowie die Gehalte der restlichen analysierten Spurenelemente entsprechen einander weitgehend. Betrachtet man noch zusätzlich die Bleiisotopenverhältnisse, so ist erkennbar, dass diese Werte nahezu übereinstimmen und sich überlagern (Anhang A1-3-4, Abb. 45–46). Daraus kann geschlossen werden, dass beide Objekte mit Metall aus der gleichen Gusscharge hergestellt wurden.

Unter den untersuchten Artefakten sind die beiden Meißelspitzenfragmente Kat. Nr. 63 und 65 herauszustellen, die mit 2,7 und 2,3% Arsen die höchsten Werte unter den Fertigprodukten (abgesehen von den Waffen) besitzen (Anhang A1-3). Arsen erhöht nach entsprechender Schmiede-

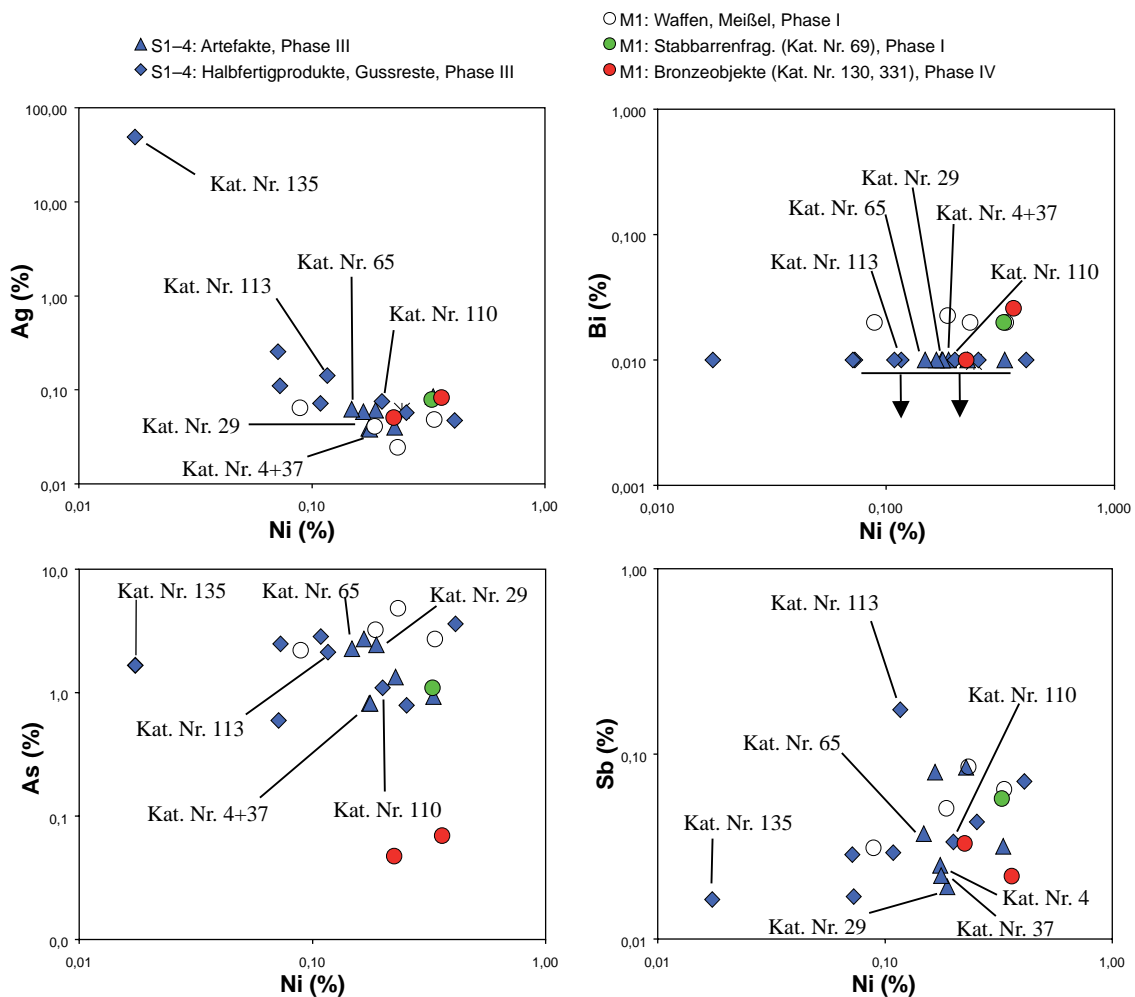


Abb. 45 Spurenelementwerte der aus Arsenkupfer produzierten Gussreste, Halbfertigprodukte und Fertigprodukte aus Phase ÇuHö III (blaue Symbole). Zusätzlich sind die Werte der Artefakte aus Schnitt M1 der Phase ÇuHö I (grüne und weiße Kreise) eingetragen. Exemplarisch sind einige der Objekte mittels Katalognummer herausgestellt (M. Mehofer, VIAS)

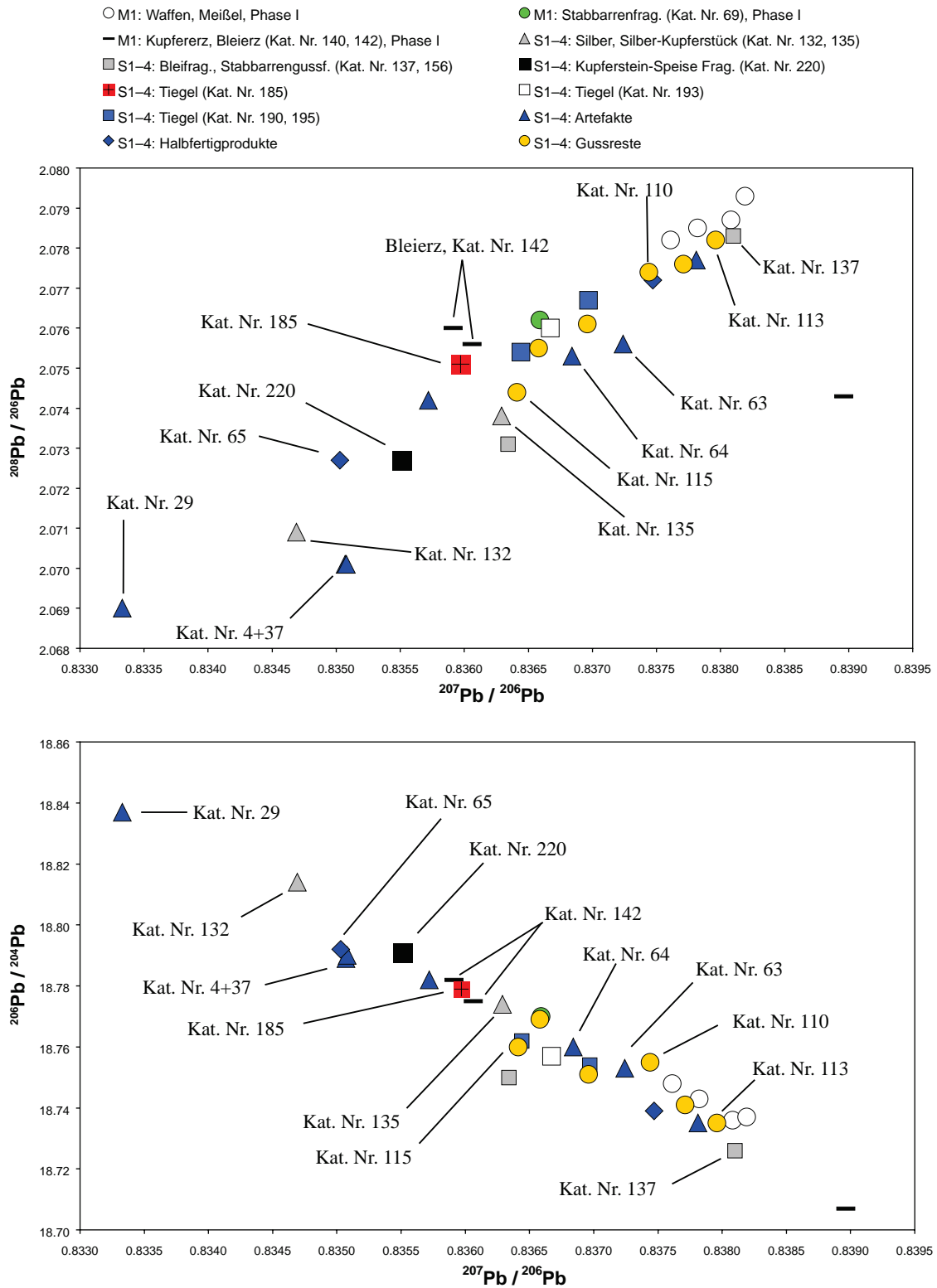


Abb. 46 Kombination der Gussreste, Halbfertigprodukte, Fertigprodukte (blaue und orange Symbole), Tiegel und des Kupferstein-Speise-Stückes (Phase III) mit den Werten der Edelmetall- und Bleifunde (graue Symbole). Weiters sind die Funde aus Phase I von Schnitt M1 eingetragen (weiße und grüne Kreise). Die mittlere Standardabweichung entspricht der Größe der Symbole (M. Mehofer, VIAS)

behandlung die Härte des Metalls, was bei den beiden Meißeln sicher gewünscht war. Zusätzlich verändert es den rötlichen Farbton des Kupfers zu mehr gelblichen bis silbrigen Farbtönen hin, ein bei Nadeln mit Sicherheit willkommener Effekt.<sup>593</sup>

Die Messwerte einer Nadel mit flach kugeligem Kopf (Kat. Nr. 15) und eines Fragments eines Meißels (Kat. Nr. 64) fügen sich gut in obiges Bild ein, wenn ihre Arsenwerte auch etwas niedriger sind. Im Falle des Meißelfragments liegen sie sogar unter 1% As. Inwieweit das Arsen hier noch zu einer Härtesteigerung beitragen kann, ist fraglich, da bei einer so geringen Arsenkonzentration erst durch sehr intensives Überschmieden ein Härteeffekt<sup>594</sup> erzielbar wäre.

Die zuvor erwähnte Nadel mit tropfenförmigem Kopf und umlaufender Leiste am Hals<sup>595</sup> hat die höchste Bleikonzentration von 4,3% unter den Fertigprodukten der Siedlungsphase ÇuHö III. Eventuell lässt sich die erhöhte Bleikonzentration damit begründen, dass Kopf und Halsbereich eine etwas anspruchsvollere Gestaltung aufweisen. Um zu gewährleisten, dass solch eine komplexe Form im Guss gut ausgeflossen wird, ist dem Schmelzgut Blei zugegeben worden, was den Schmelzpunkt senkt und die Gießbarkeit verbessert.

Die Kat. Nr. 119 – ein kugelförmiger Gussrest – und der Meißel/die Punze Kat. Nr. 65 wurden beide im Bereich von Werkstattareal 7 (Raum 22) nahezu an derselben Stelle ausgegraben. Das Metallkugelchen stammt aus Nutzungshorizont b, in dem auch Ofen 26 freigelegt wurde, es könnte daher in ihm entstanden sein. Der/die im jüngeren Nutzungshorizont a in unmittelbarer Nähe gefundene Meißel/Punze Kat. Nr. 65 unterscheidet sich mit 2,3% Arsen deutlich von Kat. Nr. 119 mit 0,6% As. Auch ihre Antimon-, Nickel- und Silberwerte differieren voneinander. Deswegen kann es sich nicht um exakt dasselbe Ausgangsmetall handeln, wie auch eine Überprüfung ihrer Bleiisotopenverhältnisse zeigt (Abb. 46). Diese Schlussfolgerung verwundert aber nicht, denn im Nutzungshorizont a war Ofen 26 nicht mehr in Benützung und von den nachfolgenden Schichten bereits überdeckt worden.

Betrachten wir die Fertigprodukte und Halbfertigprodukte gemeinsam, so fällt auf, dass drei Fertigprodukte<sup>596</sup> und zwei Halbfertigprodukte – die Kat. Nr. 77 und 119 – weniger als 1% Arsen enthalten. Offensichtlich wurde nicht bei allen Fertigprodukten darauf Wert gelegt, einen entsprechend hohen Arsenanteil zu erreichen; oder es war nicht möglich. Ebenso kann bemerkt werden, dass alle untersuchten Fertigprodukte eine Bleikonzentration von deutlich über 1% aufweisen, unter den analysierten Gussresten finden sich nur zwei (Kat. Nr. 113 und 118), die unter dieser Grenze liegen.

#### VI.4.2.2. Siedlungsphase ÇuHö IV

##### Gussreste und Halbfertigprodukte

Die Gussreste und Halbfertigprodukte dieser Phase bestehen alle – mit Ausnahme von Kat. Nr. 130 aus M1 – aus Kupfer mit variierenden Arsen- und Bleikonzentrationen, diese variieren in allen Objekten in einem Bereich von 3–5 % Pb. Im Fundrepertoire finden sich drei Stücke, die unter 1% Arsen besitzen. Dies sind der vierkantige Metallstab Kat. Nr. 78, ein in seiner Funktion nicht näher definierbares Stück mit der Kat. Nr. 128 und das Flachbeilfragment Kat. Nr. 81. Mit dieser niedrigen Arsenkonzentration unterscheidet sich vor allem das Halbfertigprodukt-Flachbeilfragment von dem in Schnitt M1 gefundenen Flachbeil (Kat. Nr. 45), das immerhin 2,7% Arsen besitzt (Anhang A1-3). Der niedrige Wert spricht eher dafür, dass es sich bei diesem Objekt um einen Metallbarren handelt, da alle Waffen, die auf dem Tell gefunden worden sind, eine höhere Arsenkonzentration aufweisen. Es sei darauf hingewiesen, dass der Arsengehalt der Objekte

<sup>593</sup> Radivojević et al. 2018 mit weiterführender Literatur.

<sup>594</sup> Northover 1989, 113, Abb. 13.3; Lechtman 1996, 494, Abb. 18.

<sup>595</sup> Horejs et al. 2010, 16, Abb. 6.

<sup>596</sup> Die beiden Nadeln Kat. Nr. 4 und 37 sowie das Fragment eines Werkzeuges Kat. Nr. 64.

keinen strengen Klassifizierungen folgt und variabel sein konnte. Die restlichen Halbfertigprodukte haben Arsenwerte von 1,1–2,5%. In Summe betrachtet sind die durchschnittlichen Arsenanteile der Halbfertigprodukte und Gussreste der Phase ÇuHö IV (Tab. 39) etwas geringer als die der Phase ÇuHö III. Auch der durchschnittliche Bleianteil liegt, geringfügig aber doch, unter dem der Objekte aus der Siedlungsphase ÇuHö III: Das Maximum von 5,2% weist die Kat. Nr. 78 auf. Dieses Blei scheint wiederum zulegiert zu sein.

Besondere Aufmerksamkeit sei dem Gussrest Kat. Nr. 126 geschenkt, der direkt auf der Ofensohle von Ofen 24 in Raum 18 gefunden wurde und dadurch diesen Ofen eindeutig in einen Zusammenhang mit der Kupferverarbeitung bringt.<sup>597</sup> Gleichzeitig gibt seine Zusammensetzung einen Einblick in die Spurenelementgehalte des verwendeten Kupfers, indem seine Arsenkonzentration 2,5%, seine Antimonkonzentration 0,057% und sein Bleigehalt 0,67% aufweist. Sein niedriger Nickelwert (0,088%) und seine im Vergleich zu den anderen Funden etwas erhöhte Silberkonzentration (0,155%) separieren es nicht nur von den Halbfertig- und Fertigprodukten dieser Siedlungsphase, sondern auch von den restlichen drei Funden aus den jüngeren Nutzungshorizonten a und b dieses Raumes (Abb. 47). Diese Abweichung kann dadurch plausibel erklärt

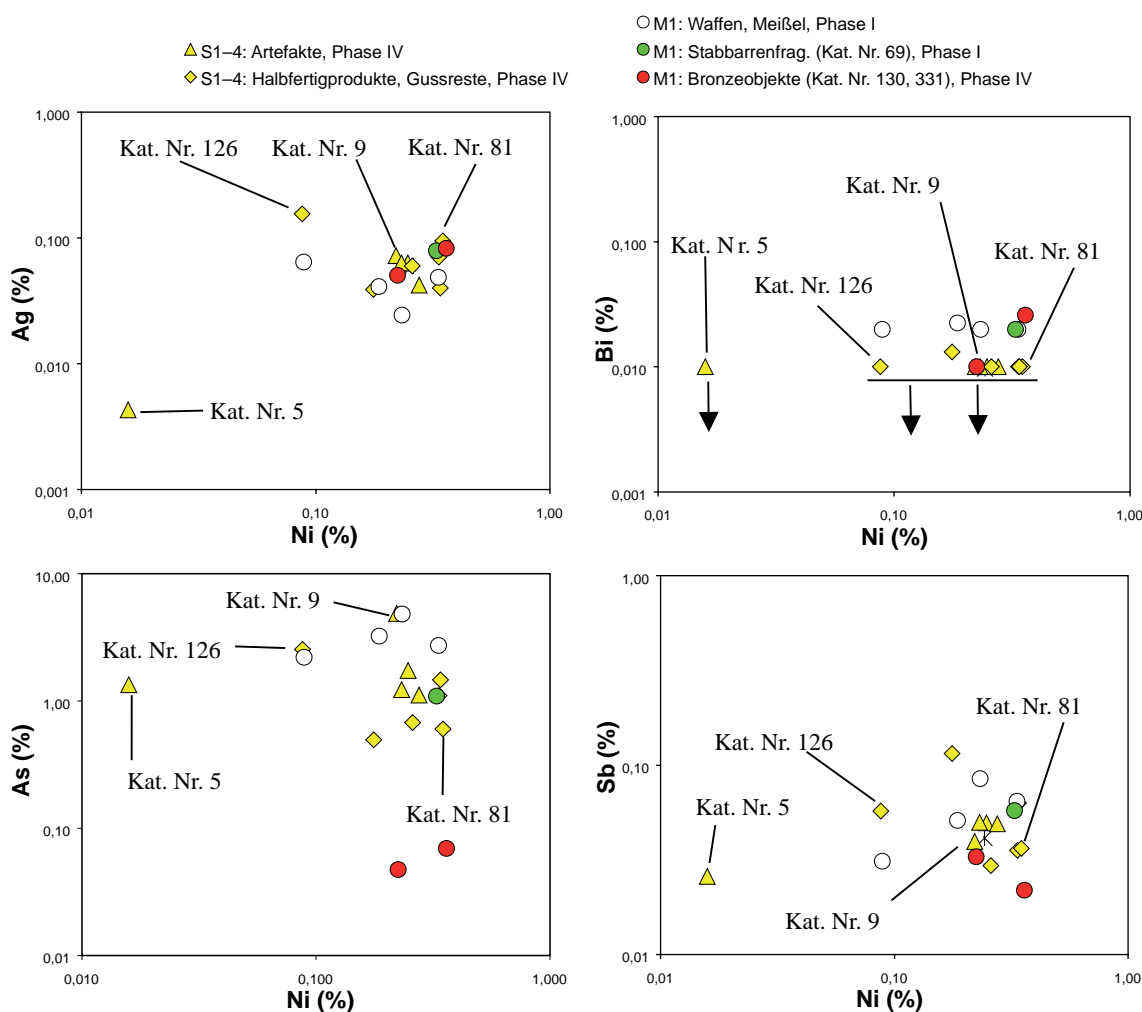


Abb. 47 Kombination der Spurenelementwerte der Gussreste, Halbfertigprodukte und Fertigprodukte (gelbe Symbole) aus den Schnitten S1–4 der Phase IV mit den Artefakten aus Schnitt M1 der Phasen Phase I und IV (weiße, rote und grüne Kreise). Zur Orientierung sind die Werte ausgewählter Artefakte beschriftet. Weitere Objekte sind in Abb. 50 markiert (M. Mehofer, VIAS)

<sup>597</sup> Vgl. Kapitel VI.4.4.2. Werkstattareal 9.

werden, dass während des älteren Nutzungshorizontes c anders zusammengesetztes Kupfer in Gebrauch war als in den jüngeren Nutzungshorizonten. Die Spurenelementgehalte der restlichen Gussreste und Halbfertigprodukte liegen in einem engen Streubereich und überlagern sich teilweise. Vor allem die Gehalte der Halbfertigprodukte Kat. Nr. 79, 81 und 82 ähneln einander, wenn ihre Bleiisotopenwerte auch unterschiedlich sind.

### Fertigprodukte

Die untersuchten Fertigprodukte aus dieser Phase umfassen drei Nadeln mit vierkantigem Kopf, eine Nadel mit langgestreckt-bikonischem Kopf sowie ein Nadelfragment<sup>598</sup> und sind ebenfalls aus Arsenkupfer gefertigt. Interessanterweise enthalten alle über 1% As und auch die Bleikonzentrationen sind bis auf die Nadel mit langgestreckt-bikonischem Kopf (Kat. Nr. 9) über 1%. Der sehr enge Streubereich der Spurenelemente der Nadeln Kat. Nr. 6–7, 9 und 38 verleitet zu der Annahme, dass alle aus demselben Metall produziert worden sein könnten. Zumindest für die Kat. Nr. 6 und 7 kann diese Überlegung als nicht unwahrscheinlich gelten, da auch in den Bleiisotopen eine große Nähe der Verhältniswerte zueinander festzustellen ist (Abb. 47–48). Eine Nadel mit vierkantigem Kopf (Kat. Nr. 5) und eine Nadel mit langgestreckt-bikonischem Kopf (Kat. Nr. 9) ähneln in den Spuren- und Nebenelementkonzentrationen zwar den beiden zuvor genannten Funden, können aber schlussendlich aufgrund differierender Nickel-, Arsen- oder Bleigehalte nicht direkt mit ihnen in Übereinstimmung gebracht werden. Sie müssen daher von einer anderen Gusscharge stammen. Ein gewisses Naheverhältnis zu den beiden Objekten Kat. Nr. 6 und 7 kann für die Kat. Nr. 38 – ein Nadelfragment mit hakenförmigem Ende – festgestellt werden, da es in allen vier Spurenelementpaarungen relativ nahe zu diesen positioniert ist. Auch die Bleianteile sind mit 2,4–3,3% relativ ähnlich. Die nahe beieinander liegenden Bleiisotopenverhältnisse erlauben die Annahme, dass für alle drei Objekte ähnlich zusammengesetztes Kupfer als Ausgangsmaterial gedient hat, dem möglicherweise Blei aus derselben Quelle hinzugefügt wurde. Diese Zugabe hat zu einer vergleichbaren Bleiisotopensignatur geführt. Die Kat. Nr. 9 – eine Nadel – hat ebenso Bleiisotopenverhältnisse wie das Objekt Kat. Nr. 6, obwohl sie mit 0,8% Bleikonzentration nicht intentionell mit Blei legiert zu sein scheint (Abb. 48). Dies zeigt uns, dass das Blei aller drei Artefakte<sup>599</sup> dasselbe geologische Bildungsalter hat, und damit u. U. auf dieselbe Bergbauregion als Herkunftsgebiet des Bleis und des Kupfers hinweist. Auch wenn das zuvor erwähnte Nadelfragment mit hakenförmigem Ende (Kat. Nr. 38) und das Halbfertigprodukt Kat. Nr. 78 in den Isotopendiagrammen ebenfalls sehr nahe beieinander liegen und sich fast überlagern, muss dennoch festgestellt werden, dass ihre Spuren- und Nebenelementgehalte etwas voneinander abweichen. Nicht nur die Arsenkonzentrationen,<sup>600</sup> sondern auch die Bleikonzentrationen differieren merklich voneinander,<sup>601</sup> sodass von unterschiedlichen Gusschargen ausgegangen werden kann. Die sehr gute isotopische Übereinstimmung kann dadurch begründet werden, dass den Ausgangsmetallen beider Artefakte im Laufe des Produktionsprozesses Blei aus derselben Quelle zulegiert wurde (Abb. 48).

Ein Vergleich der Gussreste, Halbfertigprodukte und Fertigprodukte lässt erkennen, dass die Spurenelementgehalte nahezu aller Metalle aus Phase ÇuHö IV in einem sehr engen Bereich streuen. Die Arsen-, Antimon-, Nickel- und Silberkonzentrationen liegen – bis auf die von zwei Stücken – wieder im selben Streubereich. Dies lässt auf stabile Versorgungs-, Verteilungs- und Austauschstrukturen schließen. Die zuvor erwähnten Ausnahmen, eine Nadel mit vierkantigem Kopf (Kat. Nr. 5) und ein Gusskügelchen (Kat. Nr. 126), setzen sich vor allem durch ihre niedrigen Nickelkonzentrationen von den anderen Metallobjekten ab (Abb. 47).

<sup>598</sup> Kat. Nr. 5–7, 9 und 38.

<sup>599</sup> Kat. Nr. 5–6, 9.

<sup>600</sup> Kat. Nr. 38: 1,23% As; Kat. Nr. 78: 0,5% As.

<sup>601</sup> Kat. Nr. 38: 2,4% Pb; Kat. Nr. 78: 5,2% Pb.

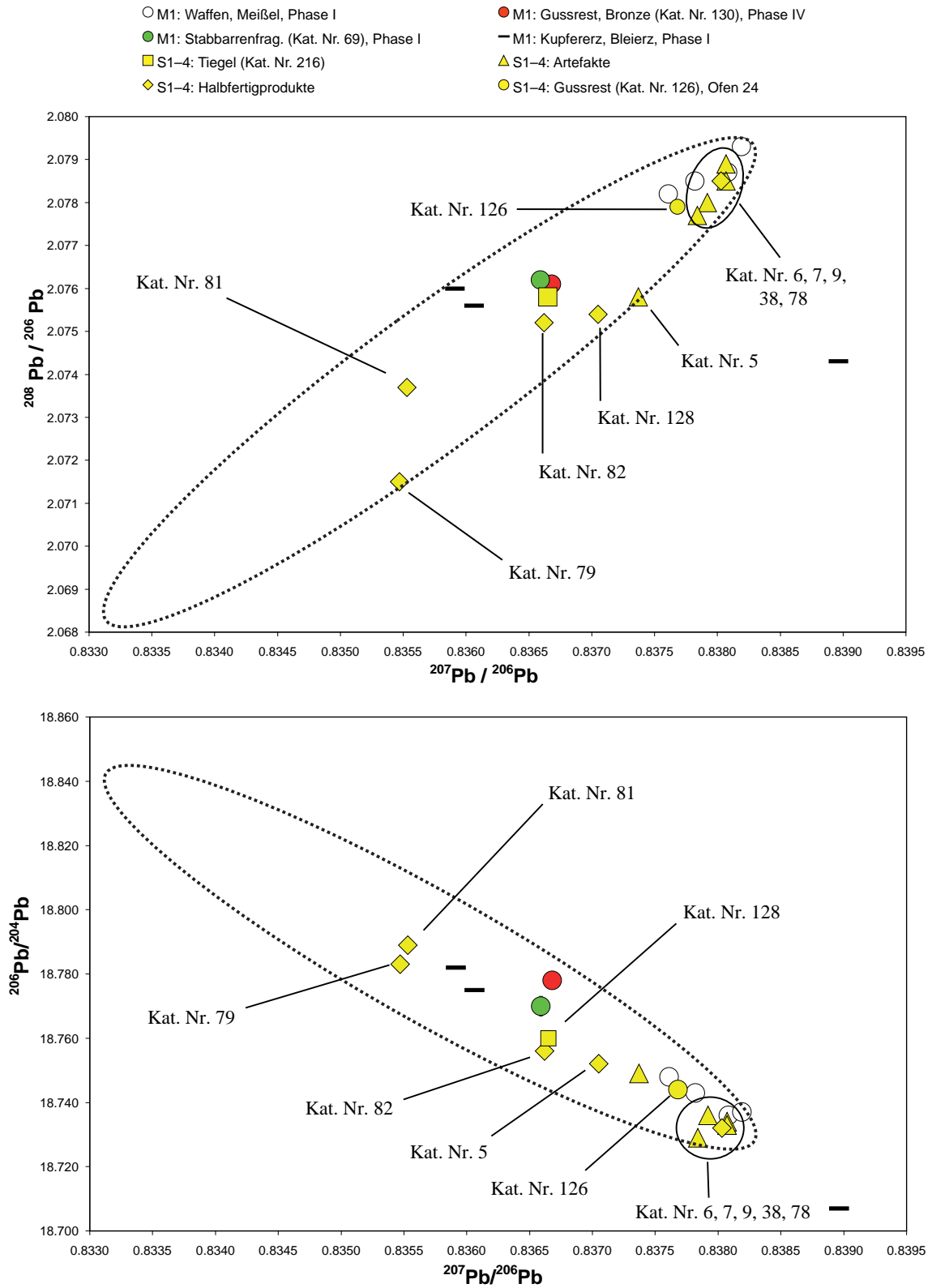


Abb. 48 Kombination der Bleisotopenwerte der in Phase ÇuHö IV datierten Objekte (gelbe Symbole) aus den Schnitten S1-4 mit Objekten der Phase I aus Schnitt M1 (weiße, rote und grüne Kreise). die punktierte Ellipse umschreibt das isotopische Feld aller Metallartefakte vom Çukuriçi Höyük. Die mittlere Standardabweichung entspricht der Größe der Symbole (M. Mehofer, VIAS)

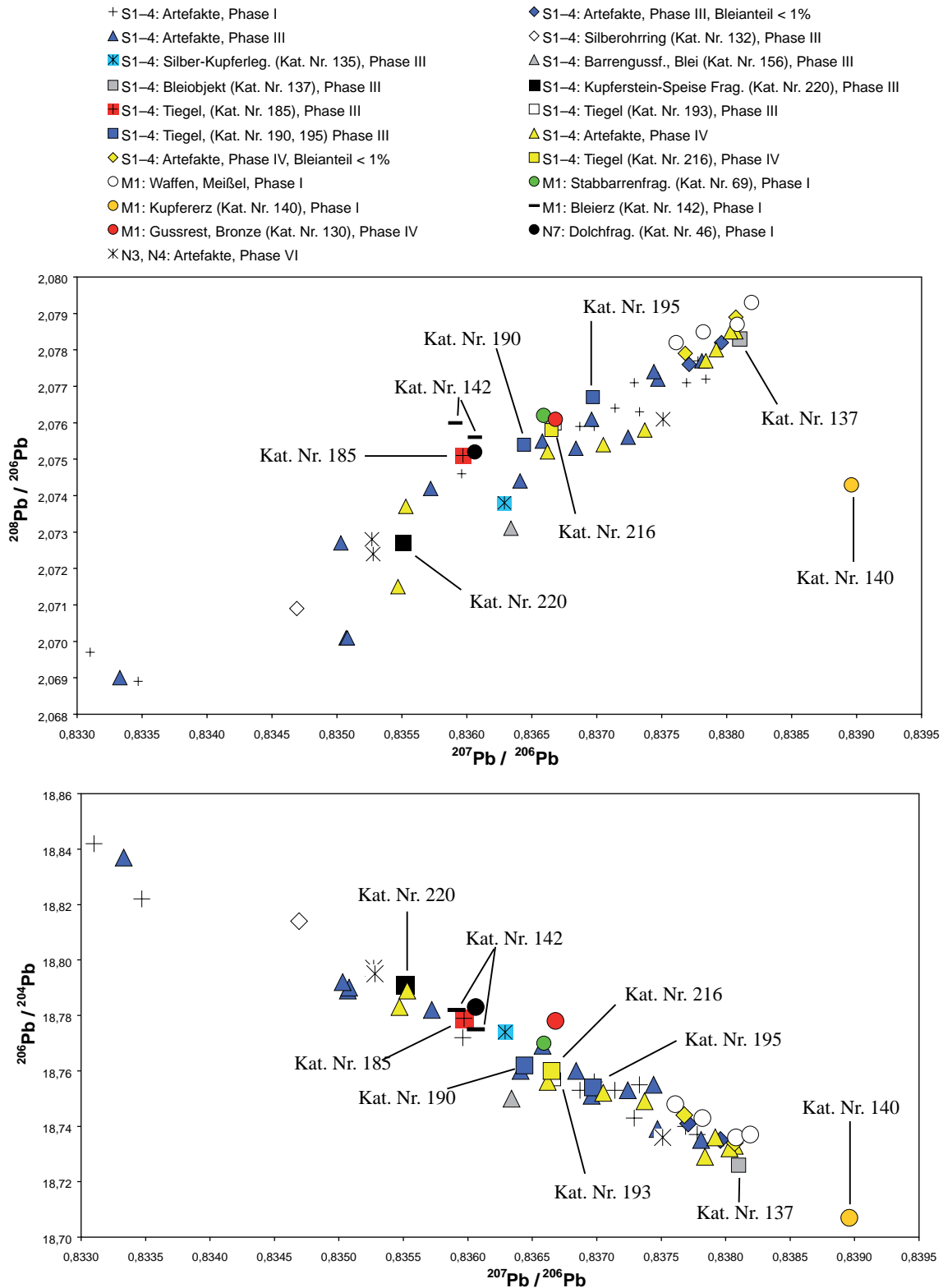


Abb. 49 Detaillierte Untergliederung der in Abb. 44 dargestellten Analyseergebnisse. Die mittlere Standardabweichung entspricht der Größe der Symbole (M. Mehofer, VIAS)

Die schon bekannte Kombination der  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnisse mit den  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - und den  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Verhältnissen zu den zwei aussagekräftigen Diagrammen zeigt, dass die Verhältniswerte der Artefakte aus Siedlungsphase ÇuHö IV in einem etwas engeren Schwankungsbereich variieren als die der Phase ÇuHö III zugerechneten Stücke (Abb. 48). Durch die geringe Probenzahl erscheint das isotopische Feld auch nicht so geschlossen wie das der jüngeren Phase ÇuHö III. Aus diesem Umstand resultiert wahrscheinlich auch die Beobachtung, dass vier von fünf Halbfertigprodukten aus Phase ÇuHö IV  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnisse unter 0,8371 haben, während die aller Fertigprodukte über diesem Wert liegen. Auch die  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - und  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Verhältnisse folgen diesem Trend. Darüber liegen nur die Werte des Halbfertigprodukts Kat. Nr. 78 und interessanterweise die des einzigen Gussrestes Kat. Nr. 126.

#### VI.4.3. Tätigkeitszone B (ÇuHö III)

Nach dieser überblicksmäßigen Darstellung sollen die Ergebnisse nun genauer betrachtet werden. Ziel dieser Analyse ist die Klärung, ob sich analytische Bezüge zwischen Rohmetall und Fertigprodukten aus einem Werkstattareals herstellen lassen und welche Arbeitsschritte dadurch rekonstruiert werden können. Der Tätigkeitszone B können 113 Funde (Taf. 2, 8) zugeordnet werden, die sich auf 10 Raumeinheiten und freie Flächen verteilen. Das darin gefundene metallurgische Spektrum umfasst neben den schon weiter oben besprochenen Öfen und den zahlreichen keramischen Werkzeugen (Gussformen, Tiegel, Düsen) auch noch eine große Zahl an Gusskügelchen, Halbfertigprodukten und Fertigprodukten, die sich zur Analyse heranziehen ließen. Basierend darauf konnte eine Reihe von Beobachtungen gemacht werden, die es erlauben, die einzelnen Prozessschritte so detailliert zu beschreiben, wie es bis dato nur selten gelungen war.

#### Werkstattareale

Die archäologischen Befunde dieser Siedlungsphase untergliedern sich in zahlreiche Räume, die sich zu den Werkstattarealen 1–7 (Tab. 40) zusammenfassen lassen. Aus Werkstattareal 3 wurden keine Funde beprobt. Obwohl eine nicht unbeträchtliche Anzahl an archäometallurgisch untersuchten Funden aus der Siedlungsphase ÇuHö III zur Verfügung stand, war es bis auf Werkstattareal 1 nicht möglich, die Produktionsorte einzelner Gegenstände auf spezifische Räume oder Werkstattareale einzuschränken. Dies mag etwas verwunderlich erscheinen, lässt sich aber dadurch erklären, dass aufgrund der Siedlungsaktivitäten auf dem Tell die Art, die Anzahl wie auch die Herkunft (im Sinne des Raumes, in dem sie produziert wurden) der auf uns gekommenen Gegenstände zufällig ist. Ein Großteil der analysierten Objekte stammt nicht aus Fundlagen (wie etwa Schicht 354), sondern aus als Planierschichten oder als „Lehmschicht, Lehmschutt, Bodenunterbau“ angesprochenen Schichten. Somit wäre es möglich bzw. im Falle der Fertigprodukte sogar zu erwarten, dass sie sich nicht mehr am ursprünglichen Platz<sup>602</sup> ihrer Entstehung befanden. Diese Annahme müssen wir prinzipiell auch für die Halbfertigprodukte treffen, wie das Beispiel des vierkantigen Metallstabes Kat. Nr. 83 zeigt. Dieser wurde in den Schichten des Ost-West verlaufenden Weges in Schnitt M1 gefunden und ist eventuell beim Transport verloren gegangen.

Die einzigen metallurgischen Funde, die relativ „ortsfest“ gewesen sein könnten, waren die Gusskügelchen, die, wenn sie einmal im Boden eingetreten waren, im Normalfall wohl nicht mehr aufgesammelt wurden. Es lässt sich aber auch hierfür eine Ausnahme finden. In der Fläche 1, in der anzunehmenderweise metallurgischer Abfall entsorgt bzw. angeschüttet wurde, fanden sich die beiden Gusskügelchen Kat. Nr. 118 und 120. Dies bedeutet, dass auch diese Objekte nicht ausschließlich an ihrem Entstehungsort gefunden werden, sondern auch durch Siedlungsaktivitäten verlagert sein können.

<sup>602</sup> Dies trifft im engeren Sinne wohl nur auf die Gusskügelchen Kat. Nr. 124 und 126 zu, die jeweils auf der Ofensohle der Öfen 5 und 24 in Raum 18 gefunden wurden.

Werkstattareal	Raum	Nutzungshorizont	Objekt	Kat. Nr.
W1	R1, R2	Versturz und Raumverfüllung	Kupferstein-Speise-Fragment	220
W1	R1, R2	a	Nadel(?) mit tropfenförmigem Kopf	29
W1	R1, R2	a	Gusskügelchen	110
W1	R1, R2	a	Metallreste, Gussabfälle	113
W1	R1, R2	b	Meißelbruchstück	63
W1	R1, R2	b	Keramikkussform für Stabbarren	156
W1	R1, R2	b	Tiegelfragment	185
W1	R2	Versturz und Raumverfüllung	Bleifragment	137
W2	R4	b	Fragment eines Werkzeuges, vermutlich eines Meißels	64
W2	R4	b	Gusskügelchen	115
W4	R6	b	Nadel mit vierkantigem Kopf, verbogen	4
W5	R14	b	Tiegelfragment	190
W5	R14	b	Tiegelfragment	193
W5	R14	b	Tiegelfragment	195
W6	R20+21	b	Nadelfragment	37
W6	R20+21	b	Halbfertigprodukt (für Nadel?)	77
W6	R20+21	c	Metallobjekt	127
W7	R22	a	Meißel	65
W7	R22	b	Drahtfragment	93
W7	R22	b	kleine Metallkugel/Gusskügelchen	119
–	keinem Raum zuweisbar	–	Nadel mit flach kugeligem Kopf	15
–	keinem Raum zuweisbar	–	kleine Metallkugel/Gusskügelchen	118
–	keinem Raum zuweisbar	–	Objekt aus einer Silber-Kupferlegierung	135

Tab. 40 Aufstellung der analysierten Arsenkupferfunde aus Phase ÇuHö III nach Werkstattarealen und Nutzungshorizonten

#### VI.4.3.1. Werkstattareal 1

Da die Funde und Befunde aus Raum 1 und 2 maßgeblich zum Verständnis der metallurgischen Prozesse beitragen, sollen sie hier zusammengefasst und als modellhaft für den ganzen Tell erachtet werden. In diesem Werkstattareal fand sich ein vollständiges Werkzeugensemble, obwohl beide Räume aufgrund rezenter Planierarbeiten nur noch zur Hälfte erhalten waren. Im westlich gelegenen Raum 2 wurde Ofen 1 aufgedeckt (Taf. 59), im östlich daran anschließenden Raum 1 wurden zahlreiche metallurgische Objekte gefunden, wie im Folgenden ausführlich beschrieben wird. Die vorhandenen Reste lassen es zu, die Technologiekette nahezu vollständig zu rekonstruieren, wir können sie unter dem Fachterminus „Tiegelmetallurgie“ zusammenfassen.

Im Nutzungshorizont a ist eine Vielzahl von Gussresten und Metallbruchstücken ausgegraben worden (Anhang A2-2).<sup>603</sup> Die Kat. Nr. 109–113 umfassen Draht- und Meißelfragmente sowie 40 Gusskügelchen. Dies lässt darauf schließen, dass in diesem Werkstattareal intensiv Metall vergossen wurde. Solche Reste entstehen, wenn beim Guss Metall über oder neben die Gussform fließt und auf den Boden fällt. Beim Abkühlen bilden sich aufgrund der hohen Oberflächenspannung von flüssigem Kupfer diese kleinen Kügelchen. Ihr Durchmesser variiert zwischen 1–6 mm, der Draht hat einen Durchmesser von 1–2 mm. Die beiden fragmentierten Meißelbruchstücke<sup>604</sup> und das Drahtfragment Kat. Nr. 89 waren wahrscheinlich ursprünglich für die Wiederverwendung durch Einschmelzen vorgesehen. In einer Versturzschicht (SE 368) konnte ein Fundstück (Kat. Nr. 220, Taf. 34) ausgegraben werden, das hauptsächlich aus Kupfersulfiden (= Kupferstein) und Eisenarseniden (= Speise) besteht. Sein Vorhandensein macht deutlich, dass im Werkstattareal I Arsenkupfer hergestellt wurde.

Das produzierte Arsenkupfer musste in weiterer Folge im Tiegel umgeschmolzen werden. Mehrere stark verschlackte Tiegelfragmente<sup>605</sup> erbrachten nicht nur den Nachweis für diese Art der Verarbeitung, sondern sie enthielten in den Schlackeschichten auch bedeutende Mengen von Kupfereisensulfideinschlüssen (vgl. Kat. Nr. 185), die ebenfalls in den Bereich der Kupferproduktion verweisen. Im Fundmaterial waren sowohl Tiegelfragmente mit Handhabe und erhaltener Standfläche (Kat. Nr. 166) wie auch stark fragmentierte Stücke (z. B. Kat. Nr. 161) vorhanden, die keine Handhabe oder Standfläche mehr erkennen ließen. Diese Fundstücke können als direkte Relikte der durchgeführten komplexen Produktionsprozesse angesprochen werden. Solche Abfälle entstehen keinesfalls beim einfachen Umschmelzen oder Gießen von Kupfer.

Zudem konnte in diesem Werkstattareal ein Düsenfragment (Kat. Nr. 146) ausgemacht werden (Taf. 36). Das aus Nutzungshorizont b stammende Fundstück hat an seiner Außenseite Brandspuren. Es entspricht in Größe und Form den anderen auf dem Tell gefundenen Düsenfragmenten und belegt, dass das Erhitzen des Schmelztiegels im Feuer mit Blasrohren erfolgte, wie wir es auch von einer ägyptischen Grabmalerei aus Sakkara kennen.<sup>606</sup> Die weiteren keramischen und steinernen Werkzeuge<sup>607</sup> geben uns ebenfalls einen äußerst interessanten Einblick in die frühbronzezeitlichen Metallverarbeitungstechniken. Dem aus Basalt bestehenden Steinamboss konnte ein aus Metabauxit bestehender Hammerstein zugeordnet werden (Taf. 56–58).<sup>608</sup> Beide Gesteinsarten sind sehr hart und dadurch sehr gut für Schmiedearbeiten oder zum Zerkleinern von Erz und Schlacke geeignet.<sup>609</sup>

Die aus Nutzungshorizont b stammende Stabbarrengussform Kat. Nr. 156 (Taf. 44–45) diente zur Stabbarrenproduktion.<sup>610</sup> Zusammen mit den Tiegeln weist sie in den Bereich der Rohmetall- bzw. der Serienproduktion von Stabbarren. Dies lässt erkennen, dass das Kupfer in grob normierte Gewichtsklassen gebracht wurde, um es weiter zu verhandeln. Mithilfe der Abformung des mittleren, nahezu komplett erhaltenen Stabbarrennegativs war es möglich, die maximale Füllmenge und damit das Gewicht eines produzierbaren Stabbarrens von höchstens 270 g Kupfer zu kalkulieren. In der Realität lag das Gewicht dieses Barrens aber wahrscheinlich um einiges darunter, da die Vertiefungen wohl nur bis zur Hälfte gefüllt wurden.<sup>611</sup> Die Gussform mit Vertiefung (Kat. Nr. 157) war während des Zustandekommens von Nutzungshorizont a in Verwendung und ist komplett erhalten (Taf. 46–48). Sie diente zur Herstellung eines Flachbeiles mit Loch im

<sup>603</sup> Kat. Nr. 29, 35, 62, 89, 109–113. Vgl. Horejs et al. 2010, 16, Abb. 7.

<sup>604</sup> Kat. Nr. 62–63. Sie stammen vom Nutzungshorizont a und b aus Raum 1.

<sup>605</sup> Kat. Nr. 166, 182 und 185.

<sup>606</sup> Vgl. Anm. 416.

<sup>607</sup> Vgl. Kapitel IV.2.4. Steinwerkzeuge.

<sup>608</sup> Kat. Nr. 218 und 219. Vgl. Horejs et al. 2010, 15, Abb. 4–5.

<sup>609</sup> Einige der in anderen Räumen gefundenen Reibsteine und Mörser bzw. Türangelsteine könnten ebenfalls für solche Tätigkeiten eingesetzt worden sein – z. B. in Raum 4, SE 414, s. Grasböck 2013, 21.

<sup>610</sup> Vgl. Kapitel IV.2.2.1. Stabbarrengussformen.

<sup>611</sup> Vgl. dazu die Stabbarrengussform Kat. Nr. 154 und den exakt in sie hineinpassenden Stabbarren Kat. Nr. 69.

Nacken.<sup>612</sup> Der gegossene Rohling musste noch überarbeitet werden, stellt aber schon fast ein Fertigprodukt dar. Die Endfertigung könnte mit dem ebenfalls in diesem Nutzungshorizont vorhandenen Amboss und dem Klopstein bzw. mit diversen Schleifsteinen vorgenommen worden sein.

Der in diesem Raum 2 befindliche Ofen 1 hatte ein hufeisenförmiges Aussehen und entspricht dem Ofentyp 1. Er wurde in Schichten gefunden, die zum Nutzungshorizont a zusammengefasst werden können. In den anderen Schichten dieses Raumes war verschlackter Lehm und ein Bleifragment (Kat. Nr. 137) vorhanden. Letzteres stammt aus einer jüngeren Schicht, die als „Versturz- und Raumverfüllung“ angesprochen wird.

#### Spurenelement- und Bleiisotopenanalyse

Von den Funden aus Werkstattareal 1 wurde eine Nadel mit tropfenförmigem Kopf (Kat. Nr. 29), ein Meißelbruchstück (Kat. Nr. 63), zwei Gusskugelchen (Kat. Nr. 110 und 113), ein Bleifragment (Kat. Nr. 137), das mit Blei angereicherte Material aus dem Inneren der Stabbarrengussform (Kat. Nr. 156), ein Tiegelfragment (Kat. Nr. 185) und ein Kupferstein-Speise-Fragment (Kat. Nr. 220) untersucht. Im Besonderen sei auf das Tiegelfragment Kat. Nr. 185 und das Kupferstein-Speise-Fragment Kat. Nr. 220 hingewiesen.

Die Isotopenverhältnisse des Kupferstein-Speise-Fragmentes Kat. Nr. 220 zählen zu den niedrigsten aller 60 analysierten Funde, nur wenige frühbronzezeitlich datierte Objekte haben niedrigere Werte. Wenn wir uns in Erinnerung rufen, dass unter Umständen ein nicht unbeträchtlicher Teil der Artefakte (in den Tiegeln)<sup>613</sup> mit Blei legiert zu sein scheint und somit die ursprüngliche Bleiisotopensignatur von der des Bleis überprägt ist, so verwundert es nicht, dass die meisten Resultate sich entlang einer gedachten Mischungslinie zwischen den Werten dieses Fragments und denen des Bleiobjektes Kat. Nr. 137 anordnen. In den graphischen Darstellungen der Isotopenverhältnisse (Abb. 51) liegen das Tiegelfragment Kat. Nr. 185 und das auf dem Tell gefundene Bleiglanzfragment Kat. Nr. 142 nahe beieinander. Letztgenanntes könnte durchaus als Ausgangsmaterial für das zugesetzte Blei gedient haben und würde so zu den erhöhten Isotopenverhältnissen des Tiegelfragmentes passen. Eine eindeutige Korrelation des Tiegelfragments mit dem Bleiglanzfragment ist aber auch hier nicht zu erwarten, da sich die Bleiisotopenverhältnisse aus Kupfer, Arsen und Blei mischen und sich, abhängig von deren Gehalten, verändern.

Eine exakte isotopische Übereinstimmung zwischen dem Kupferstein-Speise-Fragment und dem Tiegelfragment Kat. Nr. 185 ist auch deshalb nicht wahrscheinlich, da beide aus unterschiedlichen Nutzungshorizonten des Werkstattareals 1 kommen. Somit liegt wahrscheinlich ein gewisser zeitlicher Abstand zwischen der Entstehung der beiden metallurgischen Reste. Interessanterweise stimmt aber auch keines der innerhalb von Werkstattareal 1 gefundenen Metallobjekte in seinen Bleiisotopenverhältnissen wirklich gut mit denen des Kupferstein-Speise-Fragmentes oder denen des Tiegelfragmentes Kat. Nr. 185 überein. Während man als Erklärung für diesen Umstand bei den Fertigprodukten oder den Fragmenten noch anführen könnte, dass sie andernorts aus anderem Kupfer produziert wurden, wäre doch zu erwarten gewesen, dass die analysierten Gusskugelchen Kat. Nr. 110 und 113, die in der Fundlage Schicht SE 354 gefunden wurden, in ihren Isotopenverhältnissen einem der beiden beschriebenen Objekte etwas näher stehen würden. Es ließen sich einige Erklärungsmodelle, wie etwa die natürliche Schwankungsbreite der Isotopenverhältnisse<sup>614</sup> innerhalb einer Kupfer- oder Bleilagerstätte, die Entstehung zu unterschiedlichen Zeitabschnitten oder der Einfluss von Wiedereinschmelzen für diese Unterschiede anführen. Schlussendlich muss aber gesagt werden, dass Anzahl, Art und chemische Zusammensetzung der auf uns gekommenen Funde durch verschiedene zuvor angeführte Einflussfaktoren zumindest z. T.

<sup>612</sup> Vgl. Kapitel IV.2.2.2. Flachbeilgussform mit Vertiefung. Vgl. Horejs et al. 2010, 15, Abb. 4.2.

<sup>613</sup> Vgl. z. B. Kapitel V.2.1. Tiegelfragmente aus Werkstattareal 1 (Kat. Nr. 185 und 220).

<sup>614</sup> Vgl. dazu die Isotopenverhältnisse der Arsenopyritlagerstätte Zeytinlik. Alle drei analysierten Proben kommen aus einer Lagerstätte und sind dennoch unterschiedlich.

massiv beeinflusst sind, sodass wir a priori nicht erwarten dürfen, exakte geochemische Korrelationen zu finden.

Es ist daher umso befriedigender, dass es vereinzelte Ausnahmen gibt, die obige Überlegungen unterstützen. Neben den weiter unten beschriebenen analytischen Übereinstimmungen der Artefakte Kat. Nr. 4 und 37 sind es vor allem die Isotopenverhältnisse des im Schnitt N7 gefundenen Dolchfragmentes Kat. Nr. 46 aus Arsenkupfer, die den Bleiisotopenverhältnissen des Tiegelfragments Kat. Nr. 185 ähnlich sind (Abb. 51). Obwohl von den Metalleinschlüssen aus diesem Tiegelfragment keine RF-Analysen, sondern nur REM-EDS-Messungen vorliegen – weshalb kein weiterer Vergleich zwischen beiden Funden möglich ist –, wäre diese isotopische Ähnlichkeit doch ein außergewöhnlicher Zufall und lassen auf einen engen produktionsmäßigen Zusammenhang schließen. Als alternative Erklärung könnte man anführen, dass das in beiden Funden enthaltene Blei vom selben Bleistück stammt und deshalb beide nahezu dieselben Isotopenverhältnisse aufweisen. Aber auch dies würde sie in einen engen zeitlichen, räumlichen und produktionstechnischen Zusammenhang bringen.

Ebenso kann man anmerken, dass die Arsenkonzentrationen der Metalleinschlüsse im Tiegel (von bis zu 20%) viel zu hoch sind, um mit dem Arsenanteil des Dolches (5,2%) in Verbindung gebracht zu werden. Hierzu kann aber angemerkt werden, dass in der verschlackten Innenfläche

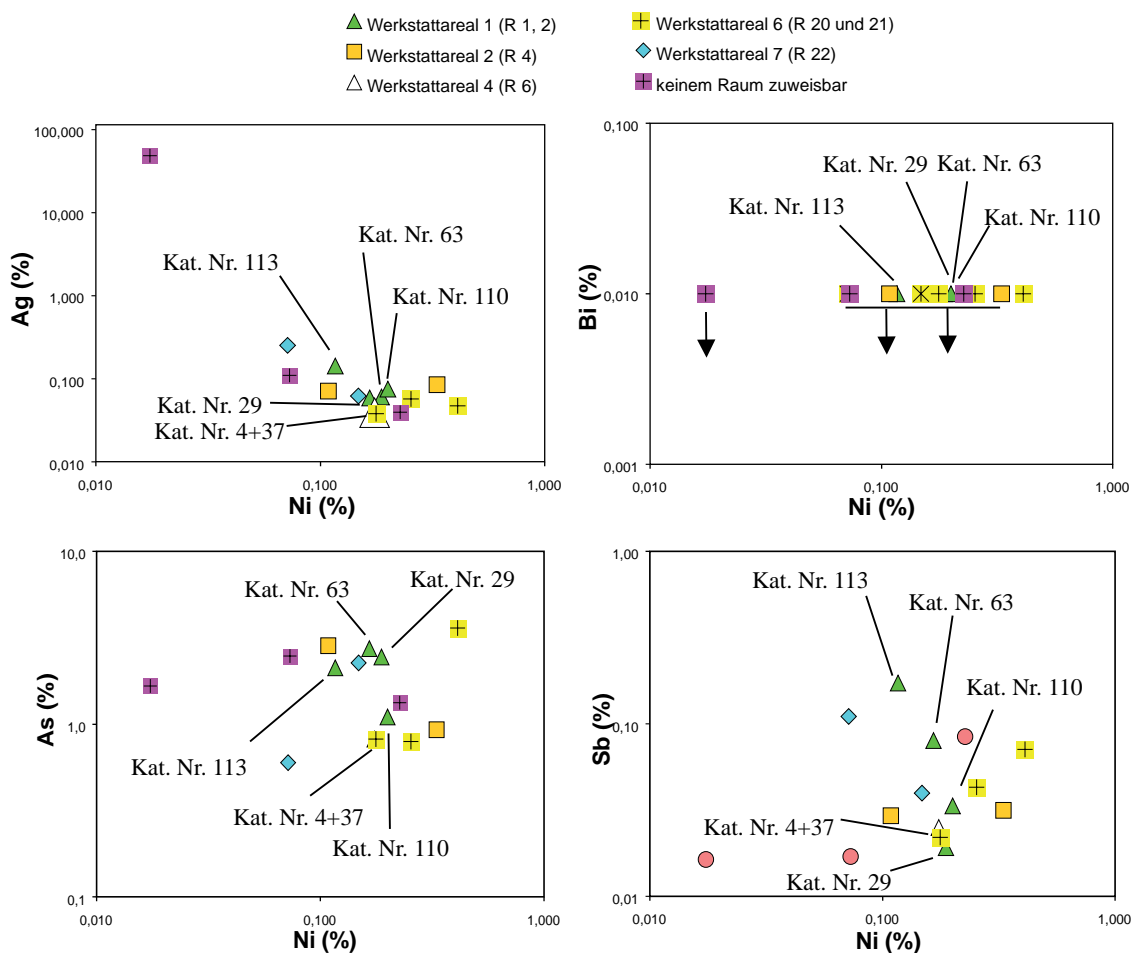


Abb. 50 In diese Spurenelementdiagramme der Phase III zugeordneten Artefakte eingetragen, aufgeteilt nach ihrer Raum- und Werkstattzugehörigkeit. Exemplarisch sind die Objekte aus Werkstattareal 1 markiert (M. Mehofer, VIAS)

des Tiegels ebenso arsenarme Metalleinschlüsse vorhanden waren, sodass es wahrscheinlich im tatsächlich vergossenen Schmelzgut, das eventuell noch mit etwas arsenarmen Kupfer gestreckt wurde, zu einem Ausgleich und zu einer Absenkung des Arsengehaltes in Richtung zu dem des Dolches kam. Natürlich darf nicht außer Acht gelassen werden, dass es beim Aufschmelzen unter teilweise oxidierenden Bedingungen, wie für den Betrieb mit Blasrohrdüsen anzunehmen, zum Aboxidieren diverser Spurenelemente, wie etwa Arsen, kommen kann. Emanuela Jochum-Zimmermann und ihre Mitautoren wiesen schon 2005 mit ihren experimentalarchäologisch erzielten Ergebnissen auf diese, die Elementkonzentrationen verändernden Vorgänge hin, dieses Thema fand auch zuletzt wieder Beachtung, jedoch waren das Versuche im Labor.<sup>615</sup>

Auf jeden Fall erlauben obige Resultate den Tiegel und das Dolchfragment in einen engen technologischen und zeitlichen Bezug zueinander zu bringen, sodass wir in der Annahme wohl nicht fehlgehen, dass der Dolch Kat. Nr. 46 aus Schnitt N7 im Werkstattareal 1 produziert wurde.

Wie bereits erwähnt, wurden die beiden Gussreste Kat. Nr. 110 und 113 ebenfalls in der als Fundlage angesprochenen Schicht 354 ausgegraben. Es überrascht wenig, dass sie analytisch nicht direkt übereinstimmen, da sie aufgrund des unterschiedlichen Bleigehaltes von zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Gussvorgängen stammen müssen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass in Werkstattareal 1 Arsenkupfer sowohl mit als auch ohne erhöhter Bleikonzentration verarbeitet wurde.

Das Meißelbruchstück Kat. Nr. 63 hat keine direkte bleiisotopische Entsprechung unter den Funden des Werkstattareals 1. Da es fragmentiert war, war es wahrscheinlich zum Wiedereinschmelzen vorgesehen. Dies würde bedeuten, dass nicht ausschließlich frisch hergestelltes Kupfer verarbeitet, sondern auch im Umlauf gewesenes Metall zur Wiederverarbeitung herangezogen wurde. Dieses an und für sich routinemäßige handwerkliche Vorgehen würde erklären, warum sich auf dem Tell wie im Werkstattareal 1 auch Arsenkupfergegenstände finden, deren Bleiisotopenverhältnisse etwas separiert von allen anderen sind. Im Speziellen betrifft dies die Nadel mit tropfenförmigem Kopf und umlaufender Leiste am Hals (Kat. Nr. 29), deren  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - und  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnisse nicht nur zu den niedrigsten aus Werkstattareal 1 zählen, sondern die auch zusammen mit Kat. Nr. 28 – ebenfalls ein Fragment mit tropfenförmigem Kopf und umlaufender Leiste am Hals (unstratifiziert) – die niedrigsten Werte aller Funde vom gesamten Tell aufweist. Diese Nadel, die aufgrund ihrer  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - und  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Bleiisotopenverhältnisse am „unteren Rand“ der isotopischen Ausdehnung (Abb. 51) der Funde vom Çukuriçi Höyük liegt, hat aber wiederum Spurenelementkonzentrationen, die gut mit denen der anderen Funde vom Tell übereinstimmen. Dieses beobachtbare Spurenelementmuster ist nicht nur für die Objekte vom Tell charakteristisch, sondern auch für viele westanatolische und ägäische Fundorte, wie weiter unten noch beschrieben wird.

Unter den analysierten Funden aus Werkstattareal 1 bleiben zuletzt noch die Resultate des Bleifragmentes Kat. Nr. 137 und der Stabbarrengussform Kat. Nr. 156 zu diskutieren. Ersteres gehört mit seinem  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnis von 0,8381 und dem  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnis von 2,0783 zu den Artefakten mit den höchsten Verhältniszahlen, wobei sein  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Verhältnis gleichzeitig zu den niedrigsten zählt. Nur wenige Kupfergegenstände aus Phase ÇuHö IV<sup>616</sup> und Phase ÇuHö I<sup>617</sup> haben höhere bzw. niedrigere Bleiisotopenverhältnisse. Wie in Abb. 51 erkennbar, umfasst es mit diesen Werten zusammen mit dem Kupferstein-Speise-Fragment nahezu alle Funde aus Werkstattareal 1 wie auch fast alle Funde des gesamten Tells. Mischt man nun dieses Blei mit Arsenkupfer, das gemeinsam mit dem Kupferstein-Speise-Fragment entstanden ist, so würden sich die daraus resultierenden Bleiisotopenverhältnisse in den Diagrammen entlang einer Mischungslinie zwischen diesen beiden Artefakten anordnen. Dies lässt sich für die untersuchten Gegenstände auch vermuten.

<sup>615</sup> Jochum-Zimmermann et al. 2005; Mödinger et al. 2017.

<sup>616</sup> Kat. Nr. 9, 38 und 78.

<sup>617</sup> Kat. Nr. 45, 61 und 68.



Es stehen noch die Resultate von zwei weiteren Funden zur Verfügung, die belegen, dass Blei nicht nur als Erz (Kat. Nr. 142), sondern auch als Metall bekannt und benutzt wurde. Dies sind das Tiegelfragment Kat. Nr. 162, das unter Raum 5 ans Tageslicht kam, und die Stabbarrengussform Kat. Nr. 156, die sich ebenfalls in der Schicht 354 des Werkstattareals 1 fand. Aus einer der durch Hitzeeinwirkung dunkel gefärbten Stabbarrenegative dieser Gussform konnte eine Materialprobe entnommen werden, die mittels Neutronenaktivierungsanalyse (NAA) und Multikollektor-Massenspektrometer mit induktiv gekoppelter Plasmaionisation (MC-ICP-MS) untersucht wurden (Anhang A1-4). Die überraschenden Ergebnisse zeigen, dass Blei der Hauptbestandteil dieser Probe ist, sodass in dieser Stabbarrengussform möglicherweise auch ein Bleibarren erzeugt wurde. Die Bleiisotopenverhältnisse liegen wiederum sehr nahe bei denen der untersuchten Kupfergegenstände und demonstrieren damit die Bandbreite der Bleiisotopenverhältnisse des verwendeten Bleis, welches den Arsenkupfergegenständen beigegeben werden konnte (Abb. 51).

### Interpretation

Fassen wir diese Beobachtungen zusammen, so lässt sich feststellen, dass in Werkstattareal 1 nicht nur Arsenkupfer produziert, sondern auch verarbeitet wurde. Ofen 1, die Tiegel und das Blasrohrfragment bilden die Grundausstattung für eine Werkstatt und ermöglichen die Herstellung von Metallobjekten. Die beiden Gussformen zeigen, dass nicht nur Rohmetall in normierte Größen für den Handel gegossen, sondern auch Flachbeile produziert wurden, die in ihrem Aussehen einem internationalen Formenkreis entsprechen. Die Gussreste, das Drahtfragment und die Meißelbruchstücke waren wohl zum Wiedereinschmelzen vorgesehen und belegen damit den sorgsamsten Umgang mit Ressourcen. Alle analysierten Metalle aus diesem Werkstattareal haben ähnliche Spurenelementkonzentrationen und Bleiisotopensignaturen, was auf eine kontinuierliche Versorgung mit Rohstoffen schließen lässt. Interessant ist außerdem, dass in diesem Werkstattareal keiner der vierkantigen Kupferstäbe lokalisiert werden konnte, die gelegentlich in den anderen Werkstattarealen (Werkstattareal 6, 10) vorkamen.<sup>618</sup>

Die Analysen des Kupferstein-Speise-Fragmentes und der Tiegel deuten an, dass in dieser Werkstatt vermehrt Arsenkupferproduktion stattfand, während in den anderen Werkstattarealen eher Verarbeitung betrieben worden sein könnte. Speziell die dem Nutzungshorizont b des Raumes 1 zuzuordnenden Reste weisen darauf hin. Die Annahme der intentionellen Arsenkupferproduktion erhält durch die Tatsache, dass sich im weiteren Umfeld des Çukuriçi Höyük zwei Arsenopyritlagerstätten<sup>619</sup> befinden, weitere Unterstützung. Es ist vor allem dem Engagement von Danilo Wolf zu verdanken, dass auch vier Erzproben aus diesen Lagerstätten untersucht werden konnten. Von diesen<sup>620</sup> liegt nur die Probe aus Kemer im selben Streuungsbereich wie das Kupferstein-Speise-Fragment, die Tiegelfragmente und Metalle (Abb. 56), während die drei anderen abseits davon liegen. Diese Unterschiede machen eine Interpretation schwierig, erlauben aber dennoch die Überlegung, dass der im weiteren Umfeld des Çukuriçi Höyük vorkommende Arsenopyrit als Ausgangskomponente für das Arsenkupfergedient haben könnte.

#### VI.4.3.2. Werkstattareal 2

Das Werkstattareal in Raum 4 umfasst vier Nutzungshorizonte, wobei alle metallurgisch relevanten Funde aus den Nutzungshorizonten b und c stammen. Der fragmentierte Ofen 13 kann hingegen dem Nutzungshorizont d zugeordnet werden.<sup>621</sup> Da alle Funde aus Verfüllungsschichten stammen,

<sup>618</sup> Vgl. Kapitel IV.1.1.5.2. Halbfertigprodukte.

<sup>619</sup> Wolf et al. 2012.

<sup>620</sup> Die Resultate der geochemischen Untersuchungen dieser Proben werden von D. Wolf im Rahmen seiner Forschungen ausführlich beschrieben, s. Wolf et al. 2012.

<sup>621</sup> Grasböck 2013, 61.

in denen keine Ofenbefunde enthalten waren, ist es denkbar, dass nur während Nutzungshorizont d metallurgische Tätigkeiten stattfanden. Trifft diese Überlegung zu, wäre es möglich, dass in den darauffolgenden Nutzungshorizonten b und c die Funde im Rahmen von Verfüllungs- oder Planierungsarbeiten in den Raum kamen und ursprünglich aus anderen Werkstattarealen stammten. Da der Raum aber nur teilweise erhalten ist, kann derzeit keiner der beiden Möglichkeiten der Vorzug gegeben werden.

#### Spurenelement- und Bleisotopenanalyse

Ein direkter analytisch-herstellungstechnischer Zusammenhang zwischen den beiden stratifizierten Funden – das Meißelfragment Kat. Nr. 64 und das Gusskugelchen Kat. Nr. 115 – kann ausgeschlossen werden, da das Fundobjekt Kat. Nr. 115 mit 11,1% Pb nicht nur eine deutlich höhere Bleikonzentration als die Kat. Nr. 64 aufweist, sondern mit 2,9% auch eine eindeutig höhere Arsenkonzentration hat als der Meißel mit 0,93%. Dieser Unterschied wird auch anhand der Bleisotopenverhältnisse deutlich, wo sich ihre Werte nicht überlagern (Abb. 50–51).

#### VI.4.3.3. Werkstattareal 3

Das für Raum 5 (Gebäude 1) postulierte Werkstattareal 3 ist nur rudimentär belegt. Die Tatsache, dass nur relativ wenige metallurgische Funde vorhanden waren, ist wohl auch der Lage knapp unterhalb der heutigen Telloberfläche geschuldet. Der geringe Umfang der metallurgischen Reste erlaubt jedenfalls keine weiterführende Interpretation.<sup>622</sup> Deshalb wurde Raum 5 zwar in der Diskussion berücksichtigt, aber nicht als Werkstattareal im eigentlichen Sinne bewertet. Der darin gefundene Ofen 2 war aus mehreren Lehmziegeln aufgebaut und dürfte zumindest einmal ausgebessert bzw. erneuert worden sein. Seine hufeisenförmige Form und seine Positionierung an einer Mauer stellt eine nahezu ideale Konstruktion für das Schmelzen von Kupfer dar, da die Hitze sehr gut in der Mitte konzentriert wird. Die Kat. Nr. 290 stellt das einzige stratigraphisch sicher zuordenbare Fundobjekt dar (Anhang A2-2). Es handelt sich um ein aus Ofen 2 geborgenes Ofenwandfragment.

#### VI.4.3.4. Werkstattareal 4

Dieses Werkstattareal umfasst den Raum 6, in dem vier Öfen gefunden wurden.<sup>623</sup> Seine Schichtabfolge lässt sich in vier Nutzungshorizonte unterteilen. In den Nutzungshorizonten c und d konnten keine Metalle oder Tiegel ausgegraben werden (Anhang A2-2). Die Kat. Nr. 116, ein Gussrest, stammt aus einer als Asche bzw. Kalk bestimmten Schicht. Es ist denkbar, dass es sich dabei um den ausgeräumten Inhalt eines Ofens handelt, in den während des Gussvorganges ein Kupfertröpfchen gefallen und erstarrt war.<sup>624</sup> Die Kat. Nr. 148, ein Düsenfragment (Taf. 37), untermauert ebenfalls die Annahme, dass Raum 6 als Werkstattareal anzusprechen ist. Die restlichen drei Katalognummern stellen gebrannten Lehm dar. Es dürfte sich um Teile des fragmentierten Ofens 11 handeln.

#### Spurenelement- und Bleisotopenanalyse

Die offensichtlichste chemische und bleisotopische Übereinstimmung unter den Arsenkupfergegenständen dieses Werkstattareals liefert die Kat. Nr. 4 aus Raum 6 mit der Kat. Nr. 37 aus dem angrenzenden Werkstattareal 6 (Raum 20 und 21).<sup>625</sup> Ihre Spurenelementkonzentrationen

<sup>622</sup> Grasböck 2013, 62.

<sup>623</sup> Vgl. Kapitel III.2.5. Die Öfen: Mehrphasigkeit – Reparaturen.

<sup>624</sup> Vgl. Kapitel VI.4.4.2. Werkstattareal 9.

<sup>625</sup> Vgl. Kapitel VI.4.3.6. Werkstattareal 6.

und Bleiisotopenverhältnisse gleichen sich bis auf geringfügige Abweichungen (Anhang A1-3-4, Abb. 50–51). Diese Übereinstimmung der beiden Objekte lässt sich dadurch erklären, dass zur Herstellung der komplett erhaltenen Nadel mit vierkantigem Kopf und des Nadelfragmentes Metall aus derselben Gusscharge verwendet wurde. Zu den analysierten Halbfertigprodukten Kat. Nr. 77 und 127 aus Werkstattareal 6 (Raum 20 und 21) lässt sich aber keine weitere derartig direkte analytische Übereinstimmung herstellen.

#### *VI.4.3.5. Werkstattareal 5*

Die metallurgischen Funde des Werkstattareals 5 umfassen die Befunde des Raumes 14 mit dem darin freigelegten Ofen 25. Sie stammen aus zwei der drei erkannten Nutzungshorizonten (Anhang A2-2). In diesem Raum wurde ein Kieselboden ausgegraben.<sup>626</sup> Als einer der interessantesten Funde der Grabung kann das aus diesem Raum stammende Goldblechfragment mit der Kat. Nr. 133 bezeichnet werden, das durch die Flotierung von Schicht 888 ans Tageslicht kam (Taf. 30).

#### Spurenelement- und Bleiisotopenanalyse

Aus Schicht 827 wurden drei Tiegelfragmente (Kat. Nr. 190, 193 und 195) sowohl mit dem REM<sup>627</sup> wie auch mit dem Massenspektrometer (MC-ICP-MS) untersucht. Aus den Tiegeln Kat. Nr. 190 und 195 wurden mit rundlichen Kupfereinschlüssen durchsetzte Schlackeproben analysiert, während aus Kat. Nr. 193 der silikatische Bleieinschluss separiert und bleiisotopisch untersucht wurde. Die pauschalchemische Zusammensetzung wie auch die der einzelnen Phasen wurden mit dem REM-EDS bestimmt und sind bereits oben beschrieben worden. Eine Betrachtung der Isotopenwerte in den beiden Bleiisotopendiagrammen zeigt, dass die Verhältniswerte der Tiegel mittig in dem Isotopenfeld liegen, das die Objekte vom Çukuriçi Höyük umschreiben. Die Bleiisotopenverhältnisse der stark bleihaltigen Tiegelprobe Kat. Nr. 193 liegen sogar zwischen denen der Tiegel Kat. Nr. 190 und 195, was wiederum eine enge Zusammengehörigkeit der in ihnen geschmolzenen Metalle andeutet (Abb. 51). Zusätzlich zeigen die unterschiedlichen Isotopenverhältnisse, dass diese Werte innerhalb eines Werkstattareals, ja nicht einmal innerhalb eines Befundes exakt übereinstimmen müssen. Deswegen ist es auch nicht verwunderlich, dass sich über den gesamten Besiedlungszeitraum nur wenige isotopisch und spurenelementmäßig exakte Übereinstimmungen zwischen Gussresten, Halbfertig- und Fertigprodukten finden lassen.

#### *VI.4.3.6. Werkstattareal 6*

Die in den Schnitten S1–4 am östlichsten gelegenen Räume 20 und 21 lassen sich zum Werkstattareal 6 zusammenfassen. Das Areal weist vier Bauphasen auf,<sup>628</sup> in dessen jüngster die unten beschriebenen Befunde auftraten. Die in vier Nutzungshorizonte (a–d) unterteilte Schichtabfolge der Bauphase 4 zeigt, dass die Räume 20 und 21 erst in der jüngsten Nutzungsphase – Nutzungsphase a – durch eine Mauer (Schicht 956 = 955) von einander getrennt wurden.<sup>629</sup> In diesem Nutzungshorizont konnte jedoch kein Ofen festgestellt werden, auch waren nur zwei der Metallurgie zuweisbare Fundobjekte (Kat. Nr. 188 und 261) vorhanden. Ofen 15 stammt aus Nutzungshorizont c, Ofen 14 aus Nutzungshorizont d (Anhang A2-2, Taf. 66). Letzterer weist als einziger Ofen auf seiner Ofensohle eine Art kleines Podest auf (Taf. 66).<sup>630</sup> Es diente wahrscheinlich dazu,

<sup>626</sup> Grasböck 2013, 67.

<sup>627</sup> Vgl. Kapitel V.2.4. Die Tiegelfragmente Kat. Nr. 190, 192, 193 und 195.

<sup>628</sup> Grasböck 2013, 72.

<sup>629</sup> St. Grasböck davon aus, dass der Raum 21 als Zwischenlager für die Reste metallurgischer Prozesse diene, da in ihm vor allem asche-, kalk- und holzkohlehaltige Verfüllungen gefunden wurden. Leider sind zum jetzigen Zeitpunkt solche Tätigkeiten für den Raum 20 nicht nachgewiesen (Grasböck 2013, 41).

<sup>630</sup> Siehe Kapitel III.2.3. Befunddiskussion: Öfen für Metallverarbeitung.

ein Gefäß, wie etwa einen Tiegel, darauf zu setzen und genau in Position zu halten, damit dieses nicht zu tief in die Holzkohle absank und unmanipulierbar wurde. In Kombination mit der von Christoph Schwall gemachten Beobachtung, dass in diesem Raum auch ein in den Boden eingelassener Reibstein vorhanden war,<sup>631</sup> wäre es denkbar, dass damit verschiedene Erze<sup>632</sup> aufgemahlen und in einem Tiegel versuchsweise verhüttet wurden – z. B. im Rahmen eines Probierversuchs. Aus Raum 21 stammen keine weiteren metallischen Funde oder Tiegelfragmente, er wird daher als Lagerraum angesprochen.

#### Spurenelement- und Bleisotopenanalyse

Die im Werkstattareal 4 (Raum 6) gefundene Kat. Nr. 4 – eine Nadel mit vierkantigem Kopf – ist, wie bereits beschrieben, aus demselben Metall wie das Fragment Kat. Nr. 37 aus Werkstattareal 6 (Raum 20 und 21) gemacht (Abb. 50). Die Kat. Nr. 77 hat zwar sehr ähnliche  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - und  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Verhältnisse wie die Kat. Nr. 4 und 37, unterscheidet sich jedoch mit einem  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Verhältnis von 2,0727 von den beiden, die ein Verhältnis um 2,0701 aufweisen. Das Metallfragment Kat. Nr. 127 weicht mit seinen Bleisotopenverhältnissen noch deutlicher von der zuvor genannten Nadel und dem Nadelfragment ab, es liegt mittig in dem Isotopenfeld, das von den Artefakten des Çukuriçi Höyük gebildet wird (Abb. 51). Man kann demnach die drei Metallgegenstände aus diesem Raum auf analytischem Weg nicht direkt miteinander verbinden. Es wäre jedoch überlegenswert, ob das bleisotopische Naheverhältnis von Kat. Nr. 127 zu einem der Tiegel (Kat. Nr. 195) aus Werkstattareal 5 ausreicht, um annehmen zu dürfen, dass dessen Metall mit diesem Tiegel vergossen wurde. Dies muss aber, da ein direkter Vergleich der Spurenelementkonzentrationen zur Verifizierung nicht möglich ist, hypothetisch bleiben.

#### VI.4.3.7. Werkstattareal 7

Im letzten der sieben Werkstattareale ließ sich anhand der Grabungsergebnisse ein weiterer Ofen rekonstruieren, der bereits in fragmentiertem Zustand angetroffen wurde. Er bestand aus den Schichten 929 und 930 und konnte dem Nutzungshorizont b des Raumes 22 zugeordnet werden, in dem auch ein Kieselboden festgestellt wurde. Der Raum selbst ist nicht komplett erhalten, nur seine südliche Hälfte scheint noch vorhanden zu sein. Basierend auf der Bearbeitung der Architekturphasen wurden Raum 22 und Fläche 2 zu einer Einheit zusammengefasst und in zwei Nutzungshorizonte (a und b) unterteilt.<sup>633</sup> Die Präsenz von Gussabfall und Tiegelfragmenten im Nutzungshorizont a deutet metallurgische Tätigkeiten an. Der Ofen 26 (Typ 1) wurde gemeinsam mit einem Gussrest (Kat. Nr. 119) und verschlacktem Lehm (Kat. Nr. 272) im Nutzungshorizont b freigelegt (Anhang A2-2).

#### Spurenelement- und Bleisotopenanalyse

Der Meißel/die Punze Kat. Nr. 65 aus diesem Werkstattareal unterscheidet sich in seinen Spurenelementkonzentrationen von denen des Gusskugelchens Kat. Nr. 119, was auch anhand der Bleisotopenwerte feststellbar ist (Abb. 50–51). Ebenso ist eine deutliche Differenz zum Drahtfragment Kat. Nr. 93 auszumachen, von dem leider nur die Bleisotopenverhältnisse bestimmt werden konnten. Da die beiden letztgenannten Objekte aus einem älteren Nutzungshorizont als der Meißel/die Punze kommen, während dem unter Umständen etwas anders zusammengesetztes Kupfer zirkulierte, ist dies auch nicht verwunderlich.

<sup>631</sup> Grasböck 2013, 38, 50.

<sup>632</sup> In den Schnitten S1–4 konnte nur ein Kupfererzfragment (Kat. Nr. 141) geborgen werden. Es stammt aus der ebenfalls der Siedlungsphase ÇuHö III zugewiesenen Schicht 862 – einer Planierschicht.

<sup>633</sup> Grasböck 2013, 73; Schwall 2018.

Mit welchen Unsicherheiten eine alleinige Zuweisung nur aufgrund der Bleiisotopenverhältnisse behaftet sein kann, zeigt die Katalognummer 119. Sie hat eine Arsenkonzentration von 0,6% und enthält 1,18% Pb. Es wurde im unmittelbaren Umfeld des im gleichen Nutzungshorizont b freigelegten Ofens 26 gefunden. Seine Bleiisotopenverhältnisse würden auf den ersten Blick zu den Tiegeln aus Werkstattareal 5 (Raum 14) weisen, was aber, da weder weitere Tiegelfragmente noch Metalle in demselben Nutzungshorizont von Werkstattareal 7 ausgegraben wurden, bestenfalls hypothetisch bleiben kann. Diese mögliche Ähnlichkeit in den Bleiisotopenverhältnissen unterstützt die Annahme, dass sich das auf dem Tell zirkulierende Metall in seinen analytischen Resultaten grundsätzlich sehr ähnelt. Dies mag daran liegen, dass die Produktion des Arsenkupfers in einer Werkstätte, dem Werkstattareal 1, erfolgte und dieses im Anschluss daran von dort an andere Werkstätten zur Weiterverarbeitung weitergegeben wurde.

#### VI.4.3.8. Stratifizierte Funde ohne Raumzuweisung

Leider war es nicht immer möglich, die ausgegrabenen Schichten und ihre Funde einem Raum zuzuweisen. Dies trifft vor allem auf die im Norden des Schnittes S1–4 festgestellten Mauern und Flächen der Siedlungsphase ÇuHö III zu. Sie lassen sich nicht so klar voneinander abgrenzen oder miteinander korrelieren wie in der südlichen Hälfte des Schnittes. Raum 22 war, wie oben erwähnt, nur partiell erhalten. Die westlich daran anschließenden Räume 13 und 23 (inkl. Fläche 2) sowie die über Fläche 1 liegenden Schichten sind oftmals durch rezente Baggararbeiten gestört oder bereits durch frühbronzezeitliche Siedlungsaktivitäten stark verändert worden. Da die Objekte alle – wie anhand der Analyseergebnisse rekonstruierbar – auf dem Tell produziert wurden, erscheint es durchaus sinnvoll, sie in die Diskussion einzubeziehen, um noch weitere Informationen zur Rekonstruktion des metallurgischen Handwerks zu erhalten.

##### VI.4.3.8.1. Weitere „Hofareale“ mit metallurgischen Funden

Im Norden der Schnitte S1–4 konnten über dem als Fläche 1 bezeichneten Areal noch Schichten festgestellt werden,<sup>634</sup> die der Siedlungsphase ÇuHö III zuzuordnen sind. Weil sich dort aber weder ein Ofen befand noch andere Architekturreste erkennbar waren, ist davon auszugehen, dass diese Zone auch während der Phase ÇuHö III offen stand und z. B. als Weg oder Hof genutzt wurde. Die in Anhang A2-2 angeführten Objekte stammen aus den beiden Schichten 925 und 881, die vielleicht im Rahmen von Abfallentsorgungsprozessen in diesem freien Bereich entstanden. Da es sich bei den Schichten um Planierungen bzw. Planierungen mit Steinversturz handelt, wäre dies durchaus möglich. Aus der stratigraphisch jüngeren Schicht 881 stammen verschlackter Lehm, eine Reihe von Tiegel- bzw. Tüllenlöffelfragmenten und ein Tondüsenfragment (Kat. Nr. 150). Zusammen mit den Funden aus Schicht 925 stellen sie die „typischen“ Überreste von Metallverarbeitung dar. Der Gussabfall und die Tiegelfragmente aus der Schicht SE 925 passen ebenfalls sehr gut in dieses Bild. Auch die beiden Nadelfragmente könnten zum Wiedereinschmelzen gedacht gewesen sein.

##### VI.4.3.8.2. Artefakte aus Planierschichten

Im Fundmaterial der Siedlungsphase ÇuHö III ließen sich noch weitere Objekte ausmachen, die nicht näher zugeordnet werden konnten und/oder weit verstreut aufgefunden wurden (Anhang A2-2). Diese ergänzen unser Bild von handwerklichen Tätigkeiten um weitere wichtige Aspekte. Die Nadel mit flach kugeligem Kopf (Kat. Nr. 15) ist der einzige Vertreter dieses Typs auf dem Çukuriçi Höyük. Sie stammt, so wie weitere Metall-, Düsen- und Tiegelfragmente aus der Planierung SE 141, die unter Raum 3 im Süden der Schnitte S1–4 lag, ohne diesem jedoch zugeordnet

<sup>634</sup> Die Fläche wird der Siedlungsphase ÇuHö IV zugeordnet.

zu sein. Die Nadel mit Öhr (Kat. Nr. 21, Taf. 19) ist eines der wenigen vollständigen Exemplare dieses Typs. Sie ist, ebenso wie die anderen Nadeln, aus lokal verwendetem Arsenkupfer hergestellt.

Weiters sind zwei Edelmetallgegenstände (Kat. Nr. 132 und 135) vorhanden, deren analytische Resultate äußerst interessante Rückschlüsse auf die Einbindung des Tells in internationale Kommunikationssysteme zuließen (Taf. 29–30).<sup>635</sup> Wie weiter unten diskutiert wird, scheint das Silber-Kupfer-Objekt mit lokal verfügbarem Kupfer<sup>636</sup> legiert. Seine Bleiisotopenverhältnisse erlauben es, darüber zu spekulieren, dass das für dieses Objekt verwendete Silber aus derselben Region wie das Kupfer kommen könnte, nämlich aus Westanatolien (Abb. 46). Einige weitere sehr interessante Artefakte, wie etwa die aus den Planierschichten 517 und 520 geborgenen Draht- oder Tüllenlöffelfragmente (z. B. Kat. Nr. 72–73, 230–233) können ebenfalls den metallurgischen Tätigkeiten zugerechnet werden, obwohl sie nicht direkt in einem Raum gefunden wurden. Beide Schichten lagen unter Raum 5, ihr Fundmaterial spiegelt damit älteres Metallhandwerk wider. Die Gussform und das Tiegelfragment aus SE 994 (Anhang A2-2), die unter Fläche 2 ausgegraben wurden, erhöhen die Anzahl der einzelnen Fundkategorien noch zusätzlich. Da es sich bei der Schicht um eine Fundlage handelt, kann überlegt werden, ob sich in diesem Bereich nicht noch ein weiteres Werkstattareal befunden hat. Als interessant erwies sich auch die Kat. Nr. 141 aus Schicht 862, da es sich hierbei, nach der Interpretation von Danilo Wolf, um ein Gesteinsfragment mit partieller Malachitvererzung handelt, welches u. a. Kupfer, Arsen und Blei enthielt.<sup>637</sup>

#### VI.4.4. Tätigkeitszone C (ÇuHö IV)

Die Ausgrabungen in der älter datierten Phase ÇuHö IV erbrachten ebenfalls zahlreiche Metallfunde (Anhang A2-3), die auch entsprechend analytisch untersucht wurden. Allerdings sind in diesem Grabungsbereich auch viele der gefundenen Metalle durch die rezenten Arbeiten aus ihrem Kontext gerissen worden, sodass sie leider nur eingeschränkt für diese Diskussion verwendet werden konnten.

In dieser Tätigkeitszone wurden 66 der Metallurgie zuordenbare Objekte gefunden, die – wenn möglich – den Nutzungshorizonten der Raumeinheiten und Flächen zugewiesen wurden. Insgesamt waren 11 Proben von gut stratifizierten Funden für eine Spurenelement- und Bleiisotopenanalyse verfügbar (Tab. 41, Anhang A1-3–4). Artefakte, die aus Zinnbronze bestanden, konnten nicht ausgemacht werden. Die meisten der untersuchten Funde stammen aus Werkstattareal 9 (Raum 18).<sup>638</sup>

#### Werkstattareale

Auch die Funde dieser Phase ließen sich wieder einzelnen Werkstattarealen zuweisen.

Die betreffenden Räume sind Teil der Gebäude 4–7. Außer in den Gebäuden 6 und 7 wurden in allen Räumen und Gebäuden metallurgische Überreste ausgegraben.

Die metallurgische Untersuchung der Metallartefakte zeigt, dass die Konzentrationen von Arsen, Antimon, Nickel, Silber und Bismut – bis auf zwei Ausnahmen<sup>639</sup> – in einem sehr engen

<sup>635</sup> Horejs et al. 2010, 19–24.

<sup>636</sup> Vgl. Kapitel VI.4.8. Silber-Kupfer-Objekt.

<sup>637</sup> Wolf 2017, 125 Tab. 16.1.1.

<sup>638</sup> Horejs et al. 2017.

<sup>639</sup> Eine Nadel mit vierkantigem Kopf (Kat. Nr. 5) sowie das Gusskugelchen (Kat. Nr. 126).

Werkstattareal	Raum	Nutzungshorizont	Objekt	Kat. Nr.
W8	Hof/Straße (vorm. R15)	Aufgabe und Versturz	vierkantiges Metallobjekt	78
W8	Hof/Straße (vorm. R15)	Neukonzeption, Nutzung unklar	Nadelfragment mit hakenförmigem Ende	38
W8	Hof/Straße (vorm. R15)	Wegnutzung	Goldperle	134
W8	Hof/Straße (vorm. R15)	Wegnutzung – Neukonzeption	Nadel mit vierkantigem Kopf	5
W8	R16	jung-a	Nadel mit langgestreckt-bikonischem Kopf	9
W9	R18	a	Spitze eines vierkantigen Metallobjektes/ Fragment einer Nadel?	128
W9	R18	b	Metallbarren/Flachbeilfragment	81
W9	R18	b	Halbfertigprodukt	82
W9	R18	c	kleine Metallkugel	126
W10	R19	b	Nadel mit vierkantigem Kopf	6
W10	R19	b	Metallobjekt/Barren	79
–	keinem Raum zuweisbar	Planierschicht mit Steinversturz	Nadel mit vierkantigem Kopf	7

Tab. 41 Aufgliederung der analysierten Arsenkupferfunde aus Phase ÇuHö III nach Werkstattarealen und Nutzungshorizonten

Bereich variieren, z. T. noch enger als die Funde der Siedlungsphase ÇuHö III. So liegen die Nickelkonzentrationen, abgesehen von obigen Ausnahmen, zwischen 0,18 und 0,35% und decken sich damit gut mit allen anderen untersuchten Gegenständen des Tells. Die Arsenkonzentrationen schwanken von 0,5 bis 4,9%, während die Bleikonzentrationen zwischen 0,67 und 5,2% liegen. Diese Streubreiten werden in den Spurenelementdiagrammen (Anhang A1-3, Abb. 52) offensichtlich. Der Umstand, dass der Prozess der Arsenkupferproduktion oder der Anreicherung mit Sicherheit nicht immer gleich abgelaufen ist bzw. dass auch unterschiedlich hohe Gehalte gewünscht gewesen sein konnten, erklärt die Streuungen schlüssig.

Gebäude	Räume	Siedlungsphase
G4	R16	IV (FBZ 1)
G5	R18–19, R29, R34	IV (FBZ 1)
G6	R24	IV (FBZ 1)
G7	R7–12, R25–26, R28, R35	IV (FBZ 1)

Tab. 42 Einteilung der Räume nach Gebäude nach Grasböck 2013, 46, Tab. 1

#### VI.4.4.1. Werkstattareal 8

Der als Einraumhaus bezeichnete Raum 16 bildet das Werkstattareal 8 (Taf. 5). Die in diesem Bereich durchgeführte Testgrabung des Museums Selçuk durchschnitten die Schichtzusammenhänge in diesem Raum und zerstörte dadurch den stratigraphischen Kontext einiger Befunde. Dennoch war es möglich, Nutzungshorizonte herauszuarbeiten. Die links von Raum 16 gelegene Fläche war ursprünglich als Raum (R15) angesprochen worden. Im Zuge der Architekturaufarbeitung konnte jedoch erkannt werden,<sup>640</sup> dass es sich in Wirklichkeit um einen Hof bzw. eine Straße handelt. Da dieser Weg während der ganzen Siedlungsphase ÇuHö IV offen stand, wäre es durchaus denkbar, dass der im Raum 16 anfallende metallurgische Abfall dorthin entsorgt wurde. Die dort geborgenen Funde könnten somit dem Raum 16 zuzuschlagen sein. Dies betrifft vor allem die Funde aus den Schichten SE 540, SE 541, SE 626, SE 627, SE 684, SE 687 und SE 692 (Anhang A2-3).

#### Raum 16

Im Bereich dieses Einraumhauses konnten insgesamt drei Öfen dokumentiert werden: Ofen 3 kann ebenso wie Ofen 9<sup>641</sup> als Ofentyp 1 kategorisiert werden (Taf. 61–62), Ofen 8 entspricht dem Ofentyp 2. Da der Ofen 3 besonders gut erhalten war, dienen seine konstruktiven Merkmale zur Typendefinition des hufeisenförmigen Ofentyps 2.<sup>642</sup> Die den Ofen 9 bildenden Schichten waren nur sehr fragmentarisch erhalten, sodass lediglich festgestellt werden kann, dass er wahrscheinlich an eine Mauer angesetzt war. Er ist dem Nutzungshorizont alt-a zugeordnet, dessen Befunde jedoch nicht mehr Teil des Raumes 16 sind. Zu Ofen 8 lassen sich derzeit auch keine detaillierteren Aussagen treffen, da die ihn umgebenden Schichten durch die Planierarbeiten und die Museumsgrabung bereits komplett abgetragen waren. Er war in der Mitte des Raumes positioniert und datiert in den Nutzungshorizont jung-b. Aus den beiden älteren Nutzungshorizonten alt-a und jung-b sind keinerlei metallurgische Objekte auf uns gekommen, im Nutzungshorizont jung-a ist zumindest eine Nadel mit vierkantigem Kopf (Kat. Nr. 9, Taf. 15) gefunden worden. Die beiden restlichen Funde (Kat. Nr. 275 und 292) bestehen aus gebranntem Lehm, sie sind Teile der Ofenkonstruktion. Diese geringe Anzahl an gut stratifizierten Fundobjekten kann durch die im Laufe der letzten 20 Jahre durchgeführten Planierarbeiten und die Museumsgrabung erklärt werden.

#### Hof/Straße (ursprünglich Raum 15)

Westlich von Raum 16 befindet sich ein als „Hof/Straße“ bezeichneter Bereich (Taf. 5). Aus ihm stammen 16 Katalognummern, die wiederum ein breites Spektrum an metallurgischen Tätigkeiten widerspiegeln. In diesem in fünf Nutzungshorizonte unterteilten Bereich kamen mehrere rundliche Gussreste, Arsenkupfergegenstände, eine Goldperle (Kat. Nr. 134), Tiegelfragmente und stark gebrannter/verschlackter Lehm ans Licht (Anhang A2-3).

#### Spurenelement- und Bleiisotopenanalyse

Die Nadeln Kat. Nr. 9 und 38, das Halbfertigprodukt Kat. Nr. 78 (alle drei aus Werkstattareal 8) sowie Kat. Nr. 6 (aus Werkstattareal 10) formen eine in den Bleiisotopendiagrammen (Abb. 53) eng zusammenliegende Gruppe. Diesen ist noch die Kat. Nr. 7, die keinem Raum zugehörig ist, zur Seite zu stellen. Anhand zweier Artefakte aus dieser Werkstatt lässt sich wiederum das schon beschriebene Phänomen erkennen, dass sowohl Metalle mit geringer Bleikonzentration (z. B.

<sup>640</sup> Grasböck 2013, 67–68.

<sup>641</sup> Dieser Ofen wurde auf dem Boden der Altgrabung festgestellt und ist noch nicht ausgegraben, da er bedeutend tiefer als die restliche Grabungsfläche liegt.

<sup>642</sup> Siehe Kapitel III.2.5. Die Öfen: Mehrphasigkeit – Reparaturen.

(z. B. Kat. Nr. 9) wie auch Objekte mit Bleikonzentrationen deutlich über 1 bzw. 2% Pb (Kat. Nr. 38 und 78) ähnliche Bleiisotopenverhältnisse haben können. Die Unterschiedlichkeit der Bleikonzentrationen macht es damit unmöglich, dass es sich um Metall aus derselben Gusscharge handelt, zeigt uns aber gleichzeitig an, dass auf dem Tell Arsenkupfer mit unterschiedlicher Zusammensetzung, aber vermutlich gleicher Herkunft aus einer Bergbauregion verwendet wurde. Die Nadel mit langgestreckt-bikonischem Kopf (Kat. Nr. 9) aus dieser Werkstatt besitzt zudem mit 4,9% die höchste Arsenkonzentration unter allen Funden der Phase ÇuHö IV.

#### VI.4.4.2. Werkstattareal 9

Das östlich anschließende Werkstattareal umfasst den Raum 18 (Taf. 5). Eine detaillierte Funktionalitätsanalyse des Raumes wurde zuletzt von B. Horejs und Mitautoren vorgelegt.<sup>643</sup> In der mit Raum 19 gemeinsamen Mauer war ein Türangelstein verbaut, sodass davon ausgegangen werden kann, dass hier ein Durchgang bestand.<sup>644</sup> In Raum 18 wurde mit sieben Exemplaren<sup>645</sup> die größte Anzahl an Öfen gefunden, während im östlich anschließenden Raum 19 nur einer, Ofen 7, vorhanden war (Tab. 3). Entlang der Südmauer konnte ein fast die ganze Breite des Raumes umfassendes erhöhtes Podest festgestellt werden.<sup>646</sup> Der in diesem Raum freigelegte Ofen 4 kann dem Nutzungshorizont a zugeordnet werden, die Öfen 5 und 6 dem Nutzungshorizont b, die Öfen 21–24 sind dem Nutzungshorizont c zuzuweisen. Im Nutzungshorizont d war kein Ofen feststellbar. Dies liegt vielleicht daran, dass hier bis dato nur eine äußerst kleine Fläche erforscht ist. Aus dem Ofen 24 in Nutzungshorizont c stammt ein wichtiger Fund. Ebenso wie in seinem Nachfolger – Ofen 5<sup>647</sup> – kam hier ein metallisches Gusskügelchen (Kat. Nr. 126) zum Vorschein. Diese beiden Objekte zeigen eindeutig, dass die Öfen vom Ofentyp 2 für metallurgische Zwecke genutzt wurden. Die einzige in diesem Bereich vorhandene Düse Kat. Nr. 153 (Taf. 38), war leider Teil des wieder eingefüllten Aushubs der Altgrabung.<sup>648</sup>

#### Spurenelement- und Bleiisotopenanalyse

Anhand der Analysen der aus diesem Werkstattareal untersuchten vier Arsenkupfergegenstände (Anhang A2-3) können wir erkennen, dass das dort verwendete Metall Bleiisotopenverhältnisse aufweist, die fast drei Viertel der Variationsbreite aller dargestellten Bleiisotopenverhältnisse aus Phase ÇuHö IV umschreibt (Abb. 53).

Solche eine Übereinstimmung ist bei einem Vergleich der Spurenelementkonzentrationen nicht erkennbar (Abb. 52). Das jüngste Artefakt aus diesem Raum ist die Kat. Nr. 128, deren heutiges Aussehen und heutige Form keine Interpretation seiner ursprünglichen Funktion mehr zulässt. Seine <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb- und <sup>208</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb-Verhältnisse sind etwas höher als die der Kat. Nr. 82, während das <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb-Verhältnis etwas niedriger ist, sodass sie nicht verbunden werden können. Kat. Nr. 82 kommt wie Kat. Nr. 81 aus Nutzungshorizont b. Bei dem Halbfertigprodukt Kat. Nr. 82, das eines der numerisch niedrigsten <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb-Bleiisotopenverhältnisse dieser Siedlungsphase hat, handelt es sich um einen vierkantigen Metallstab. Seine Bleiisotopenverhältnisse können mit keinem anderen Objekt aus der Siedlungsphase in Übereinstimmung gebracht werden. Selbiges gilt für das Flachbeilfragment/Halbfertigprodukt Kat. Nr. 81, das in Grube 659 gefunden wurde. Obwohl es als Rohmetall/Halbfertigprodukt gedient haben könnte, stimmen seine Bleiisotopenverhältnisse weder mit einem der drei restlichen Funde<sup>649</sup> aus diesem Raum noch mit

<sup>643</sup> Horejs et al. 2017.

<sup>644</sup> Horejs et al. 2017, 99, Abb. 5.5.

<sup>645</sup> Dies sind die Ofenbefunde Nr. 4–6, 21–24.

<sup>646</sup> Horejs et al. 2017, 100, Abb. 5.7.

<sup>647</sup> Aus diesem Ofen stammt das Gusskügelchen Kat. Nr. 124.

<sup>648</sup> Vgl. Kapitel VI.4.5. Oberflächenfunde.

<sup>649</sup> Kat. Nr. 82, 126, 128.

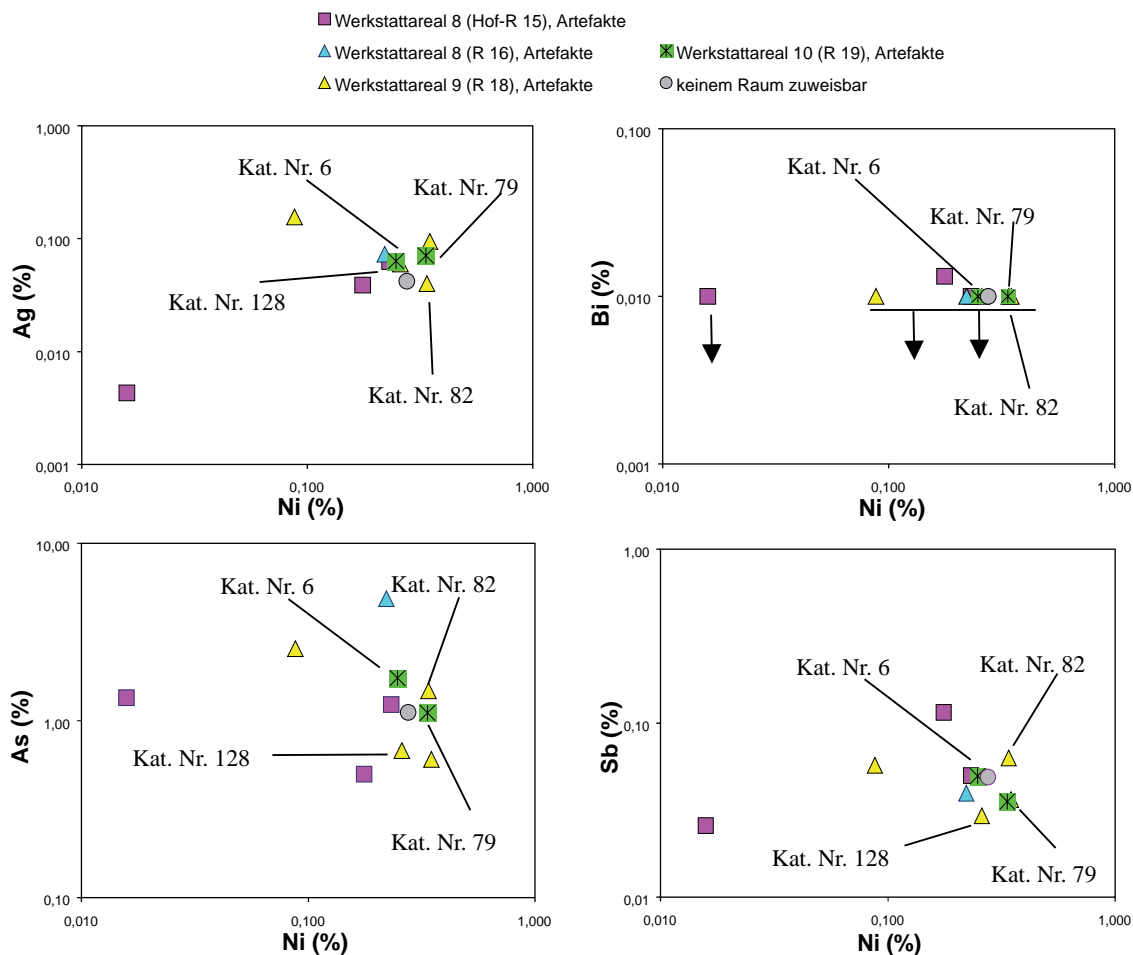


Abb. 52 In die Spurenelementdiagramme sind die der Phase IV zugeordneten Artefakte eingetragen, aufgeteilt nach ihrer Raum- und Werkstattzugehörigkeit (M. Mehofer, VIAS)

irgendeinem anderen Fund<sup>650</sup> aus Phase ÇuHö IV überein. Man wird deshalb die Interpretation als Halbfertigprodukt wohl eher hintanstellen und das Fundobjekt als fragmentiertes Flachbeil betrachten können.

Das Gusskugelchen Kat. Nr. 126 wurde, wie bereits mehrfach herausgestellt, im Nutzungshorizont c auf der Sohle des Ofenbodens von Ofen 24 gefunden und repräsentiert damit ein direktes Relikt eines Gussprozesses an dieser Stelle. Es besitzt mit 0,67% Pb die geringste Bleikonzentration aller Funde aus Phase ÇuHö IV und ist als Arsenkupfer einzustufen (2,5% As). Seine Bleiisotopenverhältnisse rücken das Fundstück in die Nähe einer aus vier Fertigprodukten und einem Halbfertigprodukt der Phase ÇuHö IV bestehenden Gruppe, während seine niedrige Nickelkonzentration (0,088%) es leicht von dieser Gruppe separiert, sodass auch hier kein direkter Zusammenhang zu einem anderen Metallobjekt postulierbar ist (Abb. 52–53). Derart niedrige Nickelanteile finden sich auch in Artefakten der späteren Siedlungsphase ÇuHö III wieder.

Die voneinander abweichenden Bleiisotopenverhältnisse der vier Funde aus Werkstattareal 9 (Raum 18) können überzeugend dadurch erklärt werden, dass sie aus drei verschiedenen Nutzungshorizonten kommen (Tab. 41). Es ist unwahrscheinlich, dass während ihrer Entstehung Kupfer mit fast exakt derselben Bleiisotopensignatur auftritt, da sich schon die chemische

<sup>650</sup> Die Spurenelemente zeigen jedoch, wie schon erwähnt, ein homogeneres Bild.

Zusammensetzung der einzelnen Gusschargen untereinander immer etwas unterschieden hat. Ebenso sind Anzahl, Art und Herkunft der auf uns gekommenen Funde als Ganzes durch diverse Filter wie etwa Intensität der Siedlungstätigkeit, Funktionswechsel von Räumen, Neubau, Abriss oder Umbau von Räumen und Gebäuden beeinflusst.

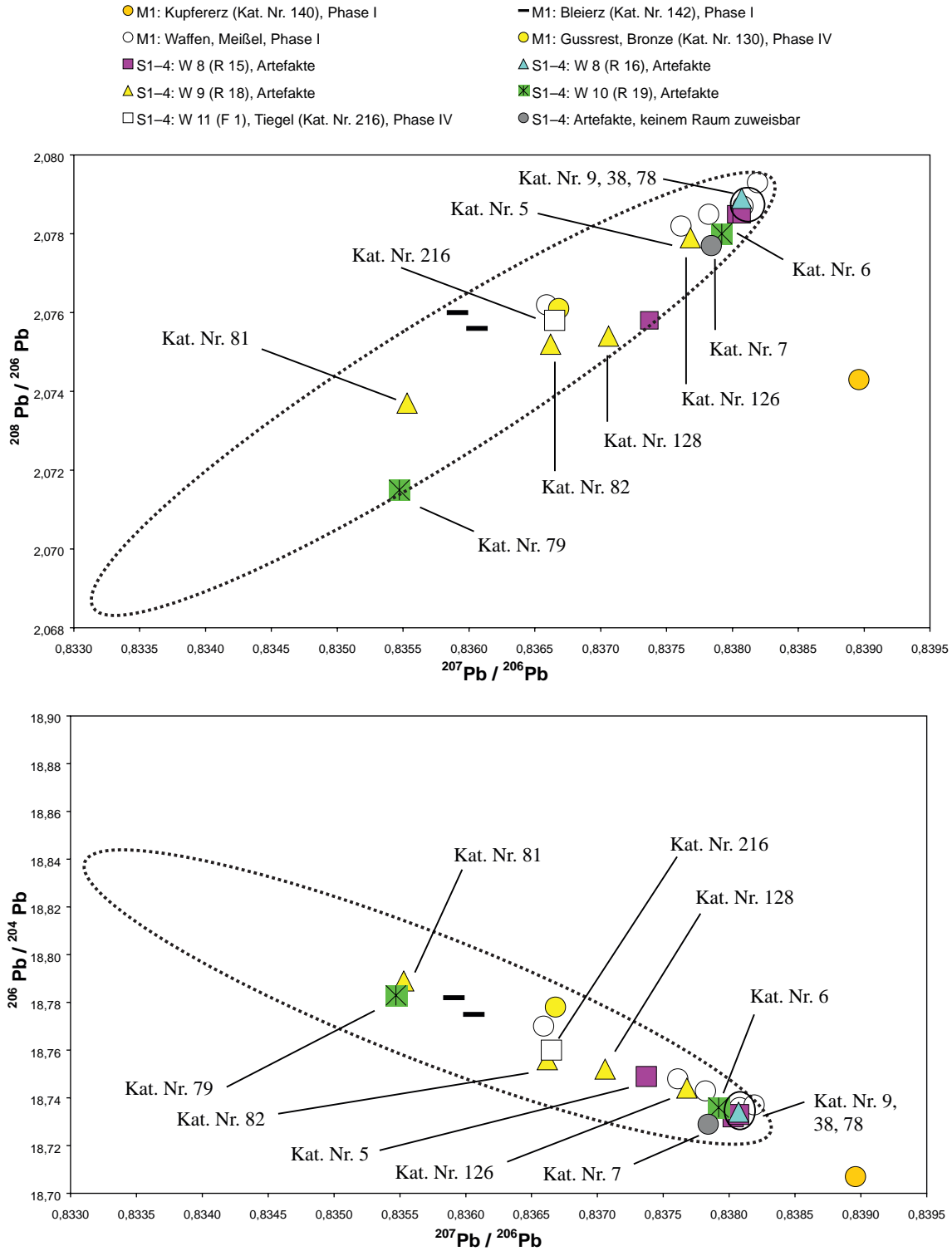


Abb. 53 Die Diagramme zeigen die Funde der Siedlungsphase CuHö IV aus den Schnitten S1-4 und M1 (Phase I), aufgeteilt nach Werkstattarealen. Die Ellipse beschreibt das isotopische Feld aller analysierten Objekte des Tells. Die mittlere Standardabweichung entspricht der Größe der Symbole (M. Mehofer, VIAS)

#### VI.4.4.3. Werkstattareal 10

In Raum 19 wurde, obwohl er ebenfalls vier Nutzungshorizonte aufweist, nur im Nutzungshorizont d ein Ofen (Ofen 7) festgestellt (Taf. 5, 9).<sup>651</sup> Das gefundene Tiegelfragment mit Handhabe, die mögliche Gussform, die metallischen Halbfertigprodukte und die Nadel mit vierkantigem Kopf (Kat. Nr. 6) erlauben es, auch für dieses Areal eine Verarbeitungs- bzw. eine Herstellungskette zu postulieren. Dieses relativ umfangreiche metallurgische Ensemble umfasst elf Katalognummern, von denen ein Großteil metallische Fundobjekte (Anhang A2-3) ausmachen. Im Nutzungshorizont a fand man nur ein Fundstück: eine kleine grünliche Kugel (Kat. Nr. 276), bei der es sich eventuell um einen Gussrest oder um mit Kupfer in Berührung gekommenen, verschlackten Lehm handelt.

#### Spurenelement- und Bleisotopenanalyse

Obwohl es sich bei Kat. Nr. 79 um einen ca. 4 cm langen vierkantigen Metallstab – also eindeutig um ein Halbfertigprodukt – handelt, kann kein Artefakt aus dem Raum oder den angrenzenden Räumen, ja nicht einmal aus der gleichen Siedlungsphase ÇuHö IV auch nur annähernd mit seinen Bleisotopenverhältnissen in Übereinstimmung gebracht werden. Das führt uns anschaulich vor Augen, dass nur in den wenigsten Fällen zwischen den Produkten einzelner Werkstattareale unterschieden werden kann (Abb. 53).

Abschließend sollen noch die Resultate der Probe aus der verschlackten Innenfläche des Tiegels Kat. Nr. 216<sup>652</sup> aus Ofen 19/Grube 1059 angesprochen werden. Die Probe aus der verschlackten Innenfläche hat Bleisotopenverhältnisse, die besser mit den Halbfertigprodukten denn mit den Fertigprodukten korrelieren (Abb. 53). Dabei ergeben sich die geringsten Unterschiede zum vierkantigen Metallstab Kat. Nr. 82 aus dem angrenzenden Raum 18 (Werkstattareal 9). Aus den Resultaten des Tiegels können wir zumindest schließen, dass Arsenkupfer mit solchen Bleisotopenverhältnissen während der Phase ÇuHö IV verwendet wurde.

#### VI.4.4.4. Werkstattareal 11

Nördlich von Raum 16 wurden in dem als Fläche 1 definierten Bereich die Öfen 10 und 19 freigelegt sowie zahlreiche metallurgische Funde geborgen (Taf. 5, 9). Dieses letzte „Werkstattareal“ ist aber nicht so eindeutig definierbar wie die anderen. Die überdeckenden Schichten haben nur eine geringe Mächtigkeit, sodass auch dieses Areal durch Baggerarbeiten gestört worden ist. Deshalb konnten z. B. die beiden in diesem Bereich gefundenen Gussformfragmente für Stabbarren (Kat. Nr. 154 und 155) nur noch der Phase ÇuHö I (= rezent gestört) zugewiesen werden. Auch die Öfen 10 und 19 sind durch diese Planierarbeiten in Mitleidenschaft gezogen worden. Der Befund zeigt, dass die Öfen zwar im Freien standen, aber z. B. durch ein hervorragendes Kragdach eines angrenzenden Raumes vor der Witterung geschützt waren. Die aus oder bei Ofen 19 geborgenen Funde umfassen drei Düsenfragmente (Kat. Nr. 145, 151–152) sowie ein Tiegelbruchstück (Kat. Nr. 216), die in Anhang A2-3 aufgelistet werden. Dieser Befund spricht eher gegen ein Werkstattareal im herkömmlichen Sinne, da außer den Funden im und um den Ofen 19 keinerlei weiteren metallurgischen Reste in den Schichten der Fläche F1 ans Licht kamen. Eventuell erfolgte die Deponierung der Artefakte im Rahmen eines besonderen Prozesses. Dies muss aber zum jetzigen Stand der Forschungen Spekulation bleiben. Als alternative Erklärung kann ein Areal zur Abfallentsorgung in Betracht gezogen werden. Die aus der Schicht 1004 stammenden Tiegelfragmente (Kat. Nr. 212–215) sowie ein Gusskugelchen (Kat. Nr. 125) wurden in unmittelbarer Nähe von Ofen 19 ausgegraben bzw. überlagerten ihn sogar. Daher wird man dem Ofen diese Funde eventuell zuordnen können. In oder auf Ofen 10 wurden keine Funde festgestellt.

<sup>651</sup> Ofen 7 ist vermutlich der Kategorie Ofentyp 2 zuzuordnen.

<sup>652</sup> Zu den Ergebnissen der rasterelektronenmikroskopischen Analysen vgl. Kapitel V.2.6. Das Tiegelfragment Kat. Nr. 216.

#### VI.4.4.5. Stratifizierte Funde ohne Raumzuweisung

Auch aus der Siedlungsphase ÇuHö IV konnten einige Funde nicht weiter zugeordnet werden, da sie z. B. aus Planierschichten oder Ähnlichem stammen. Da sie aber gut stratifiziert sind, ist es möglich, sie zumindest einem Gebäude zuzuweisen.

Etwas weiter westlich von Hof/Straße R15 befinden sich die Räume des Gebäudes 7, für die aber keine metallurgischen Tätigkeiten angenommen werden. Die sporadisch in ihnen vorhandenen metallurgischen Reste dürften aufgrund ihrer geringen Größe im Lauf der normalen Siedlungstätigkeit in dieses Gebäude gelangt sein. Ursprünglich stammen sie wohl aus einem Bereich weiter östlich, wie z. B. aus Raum 16 (Anhang A2-3). Für Raum 11 wird von Stefan Grasböck auch eine Funktion als Lagerraum für Lebensmittel – wie etwa Getreide – postuliert.<sup>653</sup> Zu dieser Annahme passt auch die Tatsache, dass es sich bei den Funden hauptsächlich um gebrannten/verschlackten Lehm handelt. Die Kat. Nr. 143 stellt einen Eisenoxidklumpen dar, der unter Umständen für die Herstellung von rötlichen Pigmenten genutzt worden sein könnte. Die beiden kleinen Tiegelfragmente der Kat. Nr. 217 sind Randbruchstücke und an ihrer Innenfläche verschlackt. Der kleine verschlackte Keramikring Kat. Nr. 221 stellt ein Unikum im Fundmaterial dar: er entstand wohl beim Umrühren mit einem mit Schlicker überzogenen Holzstab im schmelzflüssigen Metall.

#### VI.4.5. Oberflächenfunde

Die umfassenden Planierungen des Grundbesitzers führten dazu, dass eine nicht unerhebliche Zahl an Metallfunden disloziert und aus ihren Kontexten gerissen wurde, was vor allem für die Nadeln besonders bedauerlich ist. Da eine von ihnen – die Kat. Nr. 17 – bis dato nur vom Çukuriçi Höyük bekannt ist, wäre es für zukünftige Forschungen umso wichtiger gewesen, ihr eine sichere Datierung zuweisen zu können. Die unstratifizierten Oberflächenschichten der Schnitte S1–4 und N4 enthielten insgesamt 64 Katalognummern (Anhang A2-1–4). Diese umfassen sowohl Oberflächenfunde wie auch aus gestörten Schichten stammende Objekte. Aus Schnitt M1 sind 31 weitere unstratifizierte Artefakte bekannt geworden. Sie werden zusammen mit den Ergebnissen dieses Schnittes diskutiert. Ebenso waren in den gestörten Oberflächenschichten der Schnitte N6 und N7 einige der Metallurgie zurechenbare Artefakte vorhanden.

Zwar scheint es verlockend, zwischen der heutigen Lage dieser Objekte und den darunterliegenden gut befundeten Räumen einen Zusammenhang herzustellen, doch ist dies nicht zulässig. Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen können zwar helfen, diese Gegenstände mit den sicher stratifizierten Funden in Beziehung zu setzen, jedoch ermöglichen sie für sich allein stehend, da sie keinen Fundkontext haben, keine oder nur bedingte kulturhistorische Aussagen. Betrachten wir den Tell von einem größeren Blickwinkel aus, z. B. hinsichtlich seiner Einbindung in einen typologischen Formenkreis, können die Oberflächenfunde durchaus etwas zur Erkenntnis beitragen, da sie, wie die naturwissenschaftlichen Analysen nahelegen, aus dem Metall hergestellt wurden, das auf dem Tell verwendet wurde.

Auch einige für die Interpretation sehr wichtige Keramikfunde stammen aus diesen gestörten Schichten. Neben drei Blasrohrdüsenfragmenten (Kat. Nr. 144, 145 und 153) sind es vor allem die beiden Gussformfragmente für Stabbarren (Kat. Nr. 154 und 155, Taf. 40–43), denen größere Aufmerksamkeit zukommen sollte. Sie wurden in der Nähe der nördlichen Schnittgrenze beim Abgraben des Oberflächenmaterials gefunden. Die beiden stellen aufgrund ihrer voneinander differierenden Größen den eindeutigen Beweis dafür dar, dass das Kupfer in unterschiedlich genormten Gewichtsklassen zum Weiterverhandeln gegossen wurde.

<sup>653</sup> Grasböck 2013, 63 (freundliche Mitteilung von U. Thanheiser).

#### VI.4.5.1. Spurenelement- und Bleiisotopenanalyse

Eine Betrachtung der Spurenelementkonzentrationen und Bleiisotopenverhältnisse lässt erkennen, dass sich diese in den schon bekannten Streuungsbereichen der Funde aus Siedlungsphase ÇuHö III und IV bewegen, sodass wir annehmen dürfen, dass die unstratifizierten Gegenstände mit dem auf dem Tell verfügbaren Arsenkupfer produziert wurden. Eine Zuweisung zu einer spezifischen Siedlungsphase ist, bis auf eine mögliche Ausnahme,<sup>654</sup> nicht möglich. Unter den elf untersuchten Artefakten befinden sich sechs Fertigprodukte sowie fünf Halbfertigprodukte und Gussreste (Anhang A1-3-4).<sup>655</sup>

Die Evaluierung der Ergebnisse der RF-Analysen zeigt, dass diese mit denen der Phase ÇuHö III und IV gut übereinstimmen. Auch die Bleiwerte bewegen sich in den schon bekannten Bereichen. Ebenso liegen die Bleiisotopenwerte aller Objekte im selben Bereich. Alle Funde – mit Ausnahme des Gusskugelchens Kat. Nr. 102 mit einer Konzentration von 0,38% – enthalten deutlich über 1% Blei (Abb. 43–45). Das Maximum von 4,8% Pb fand sich in einem Halbfertigprodukt (Kat. Nr. 70). Das Spektrum der Oberflächenfunde fügt sich gut in das bisher von den Werkstattarealen gewonnene Bild ein. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass ein Großteil der unstratifizierten Funde unter analytischen Gesichtspunkten zufriedenstellend mit den stratifizierten Funden korreliert. Sie wurden wohl ebenfalls mit auf dem Tell produziertem Arsenkupfer hergestellt.

#### VI.4.6. Interpretation

Eine Zusammenschau der Ergebnisse erlaubt es, ein detailliertes Bild der metallurgischen Tätigkeiten in den Schnitten S1–4 zu zeichnen.

Durch die Aufgliederung in Werkstattareale und Nutzungshorizonte ist es möglich, Räume und Bereiche herauszustellen, in denen umfangreiche metallurgische Arbeiten stattfanden. Beispielgebend dafür seien die Werkstattareale 1 (Raum 1, 2), 4 (Raum 6) und 5 (Raum 14) aus der Siedlungsphase ÇuHö III und die Werkstattareale 9 (Raum 18) und 10 (Raum 19) aus der Siedlungsphase ÇuHö IV genannt, in denen sowohl metallurgisches Gerät wie auch zahlreiche metallische Verarbeitungsreste gefunden wurden. Es muss aber nochmals betont werden, dass in diesen Räumen gleichzeitig auch gewohnt<sup>656</sup> wurde, sodass sich dort noch andere Reste von alltäglicher Siedlungstätigkeit wie Keramik, Knochen etc. finden.

Die Unterteilung der Räume in Nutzungshorizonte ermöglicht es, intensivere von weniger intensiven Arbeitsphasen innerhalb der Raumeinheiten zu unterscheiden, was natürlich Fragen nach Interaktionen wie dem Austausch und der Weitergabe von Rohmetall oder nach dem Funktionswechsel der Räume aufkommen lässt. Bedauerlicherweise ist es zum jetzigen Stand der Forschungen noch nicht möglich, die Nutzungshorizonte der einzelnen Räume miteinander zu parallelisieren, sodass zu diesen Fragen keine weiterführenden Überlegungen angestellt werden können. Dennoch kann man z. B. feststellen, dass in Tätigkeitszone C kontinuierlich Arsenkupfergegenstände produziert wurden, während dies für die gleichzeitig datierte Tätigkeitszone D im Schnitt M1 nicht eindeutig belegbar ist. Eventuell hatten diese Tätigkeitszonen unterschiedliche Funktionen. So kann man vermuten, dass in Tätigkeitszone D das Metall vornehmlich gesammelt, gelagert und weiterverhandelt wurde.

<sup>654</sup> Vgl. dazu die Ergebnisse des Dolchfragments Kat. Nr. 46, das mit einiger Vorsicht der Phase ÇuHö III zugesprochen werden kann.

<sup>655</sup> Diese Artefakte umfassen zwei Nadeln mit vierkantigem Kopf (Kat. Nr. 1–2), eine Nadel mit pyramidenförmigem Kopf (Kat. Nr. 10), eine Nadel mit umgekehrt konischem Kopf (Kat. Nr. 17), eine Nadel mit Keulenkopf (Kat. Nr. 27) und ein Nadelfragment mit tropfenförmigem Kopf und umlaufender Leiste am Hals (Kat. Nr. 28). Weiters wurden die Fragmente, Bruchstücke und Gusskugelchen Kat. Nr. 30, 70, 71, 100 und 102 untersucht.

<sup>656</sup> Ähnliches lässt sich für die frühbronzezeitliche Werkstatt aus Schicht XIX von Norşuntepe beschreiben, s. Hauptmann 1976; Hauptmann 1982.

## VI.4.6.1. Siedlungsphase ÇuHö III

Eine genaue Betrachtung der Nutzungshorizonte der einzelnen Werkstätten lässt erahnen, dass in diesen nicht immer gleichzeitig und durchgehend metallurgische Tätigkeiten stattfanden (Tab. 43–44). Vorab muss aber erwähnt werden, dass einige der hier besprochenen Räume nicht vollständig bis zum Beginn der Siedlungsphase ÇuHö III abgegraben wurden (z. B. Raum 1 und 2).

Wir können anhand der Grabungsergebnisse feststellen, dass während des jüngsten Nutzungshorizontes a des Werkstattareals 2 (Raum 4) keine schmelztechnischen Aktivitäten durchgeführt wurden. Auch für Raum 5 des Werkstattareals 3 fehlen für die jüngeren Nutzungshorizonte Hinweise auf metallurgischen Tätigkeiten (abgesehen von Ofen 2), was aber der Störung durch rezente

Tätigkeitszone B									
W1				W2		W3		W4	
H.	R1	H.	R2	H.	R4	H.	R5	H.	R6
	moderne Störungen		moderne Störungen		moderne Störungen		/ moderne Störungen		moderne Störungen
Versturz / Verfüllung	0 Metalle, 2 nicht metallische Funde	Verst. / Verf.	1 Metall, 1 nicht metallischer Fund	a	keine Metallurgiefunde			a	1 Metall, 4 nicht metallische Funde, Ofen 11
a	9 Metalle, 6 nicht metallische Funde	a	0 Metalle, 1 nicht metallischer Fund (L), Ofen 1	b	1 Metall, 1 nicht metallischer Fund			b	1 Metall, 2 nicht metallische Funde
b	1 Metall, 5 nicht metallische Funde			c	0 Metalle, 1 nicht metallischer Fund	a		0 Metalle, 1 nicht metallischer Fund (L), Ofen 2	0 Metalle, 1 nicht metallischer Fund (L), Ofen 12, Ofen 16
Konst.	keine Metallurgiefunde	Konst.	keine Metallurgiefunde	d	0 Metalle, 0 nicht metallische Funde, Ofen 13	b	keine Metallurgiefunde	d	0 Metalle, 0 nicht metallische Funde, Ofen 17
Ps.	keine Metallurgiefunde	Ps.	keine Metallurgiefunde	Konst.	keine Metallurgiefunde	Konst.	keine Metallurgiefunde	Konst.	keine Metallurgiefunde
	?		?	Ps.	keine Metallurgiefunde	Ps.	enthält Metallurgiefunde	Ps.	enthält Metallurgiefunde
Architekturphase ÇuHö IV									

Tab. 43 Zusammenstellung der in Siedlungsphase ÇuHö III – Tätigkeitszone B definierten Werkstattareale 1–4 und deren Räume, unterteilt nach Nutzungshorizonten oder erkennbaren baulichen Änderungen. Die vertikale Anordnung der einzelnen Nutzungshorizonte sagt nichts über ihre tatsächliche stratigraphische Relation oder zeitliche Abfolge zueinander aus. In den einzelnen Nutzungshorizonten sind die Anzahl der gefundenen Metalle, der nicht metallischen Funde (Gussformen, Tiegel, Düsen, gebrannter/verschlackter Lehm etc.) und die darin gefundenen Öfen eingetragen. Grün = nur Metalle oder nichtmetallische Funde vorhanden; rot = nur Ofen ohne weitere metallurgische Befunde ausgegraben; gelb = sowohl metallurgische Funde wie auch ein Ofen oder mehrere Öfen im Nutzungshorizont präsent; hellblau = keine Metallurgiefunde oder Öfen nachweisbar; orange = Bau- oder Planierschichten; H. = (Nutzungs)Horizont; Konst. = Konstruktion; Ps. = Planierschicht(en); (L) = verbrannter/ verschlackter Lehm, ev. Ofenbauteil; / = keine Schichten oder Befunde vorhanden oder ausgegraben; ? = weiterer stratigraphischer Verlauf ungeklärt

Planierarbeiten geschuldet sein dürfte.<sup>657</sup> Allerdings sind auch aus den älteren ungestörten Nutzungshorizonten ebenfalls keine metallurgischen Funde ans Licht gekommen.<sup>658</sup> Ähnlich verhält es sich für die Räume 14 (Werkstattareal 5), 21 (Werkstattareal 6) und 22 (Werkstattareal 7), wo ebenfalls ältere Nachweise für metallurgische Tätigkeiten fehlen. Da die älteren Schichten und Nutzungshorizonte aber z. T. nicht vollständig ergraben sind, müssen die Schlussfolgerungen mit Vorsicht behandelt werden.

Die Zusammenstellung in Tab. 44 lässt darauf schließen, dass es eine Reihe von Werkstattarealen gibt, die in einem stratigraphisch älteren Nutzungshorizont einen oder mehrere metallurgisch genutzte Öfen aufweist, aber erst in den darauffolgenden jüngeren Horizonten eine größere Anzahl von Metallen und metallurgischen Resten enthält. So findet sich im Nutzungshorizont b des Werkstattareals 5 zwar der Ofen 25 und ein Metallobjekt, die große Menge der Tiegelfragmente aus SE 827 wird aber, obwohl zum Ofenbefund 25 gehörend, bereits dem jüngeren

Tätigkeitszone B									
W5		W6				W7		über F1	
H.	R14	H.	R20	H.	R21	H.		H.	
	moderne Störungen		moderne Störungen		moderne Störungen	/	moderne Störungen	/	moderne Störungen
		a	0 Metalle, 2 nicht metallische Funde	a	keine Metallurgiefunde				
a	1 Metall, 13 nicht metallische Funde	b	4 Metalle, 1 nicht metallischer Fund	gemeinsame Nutzung von R20+R21		a	2 Metalle, 4 nicht metallische Funde		
b	1 Metall, 0 nicht metallische Funde, Ofen 25	c	1 Metall, 0 nicht metallische Funde, Ofen 15			b	1 Metall, 1 nicht metallischer Fund, Ofen 26		
c	keine Metallurgiefunde	d	Ofen 14			Konst.	keine Metallurgiefunde	Archi- tektur- reste	keine Metallurgiefunde
Ps.	enthält Metallurgiefunde	Ps.	enthält Metallurgiefunde			Ps.	enthält Metallurgiefunde im Bereich von F1	Ps. + Stein- verst.	4 Metalle, 14 nicht metallische Funde
<b>Architekturphase ÇuHö IV</b>									

Tab. 44 Zusammenstellung der in Siedlungsphase ÇuHö III – Tätigkeitszone B definierten Werkstattareale 5–7 und deren Räume, unterteilt nach Nutzungshorizonten oder erkennbaren baulichen Änderungen. Die vertikale Anordnung der einzelnen Nutzungshorizonte sagt nichts über ihre tatsächliche stratigraphische Relation oder zeitliche Abfolge zueinander aus. Die Legende entspricht der von Tab. 43

<sup>657</sup> Stefan Grasböck interpretiert diesen Raum eher als Wohn-Wirtschaftsraum, wobei es möglich wäre, dass es sich um einen einer Nachbarwerkstatt zugeordneten „Aktionsraum“ handelt, s. Grasböck 2013, 62.

<sup>658</sup> Bei den Schichten 141 und 520 handelt es sich um Planierschichten, weshalb die aus ihnen stammenden Funde keinem Nutzungshorizont zugewiesen werden können.

Nutzungshorizont a zugewiesen. Ähnliches kann auch für einige Befunde aus den Werkstattarealen 2, 4, 6 und 7 beobachtet werden.

Zusammenfassend können wir feststellen, dass in den Werkstattarealen der Siedlungsphase ÇuHö III Arsenkupfer produziert, veredelt und zu Endprodukten verarbeitet wurde. Ebenso können drei der vier gefundenen Edelmetalle dieser Phase zugeordnet werden.<sup>659</sup> Besonders das auf dem Tell hergestellte Silber-Kupfer-Objekt Kat. Nr. 135 zeigt, dass Edelmetalle nicht nur bekannt waren, sondern auch – den Wünschen eines sehr speziellen internationalen „Kundenkreises“ angepasst – verarbeitet werden konnten.<sup>660</sup>

#### VI.4.6.2. Siedlungsphase ÇuHö IV

Die ältere Siedlungsphase ÇuHö IV erbrachte ebenfalls umfangreiche Belege für Metallverarbeitung. Das gefundene Werkzeugspektrum umfasst auch hier Tiegel, Düsen und eventuell Gussformen, wie auch Nadeln, Ahlen, Drähte, Halbfertigprodukte und ein Goldobjekt. Zudem zeigen die zahlreichen Öfen und Halbfertigprodukte die Herstellung von Metallartefakten in reichhaltigem Maße an (Tab. 45). Ein Nachweis für Arsenkupferproduktion wie in Siedlungsphase ÇuHö III konnte aber nicht erbracht werden. Auch hier gilt, dass die ältesten Schichten und Befunde nur teilweise abgetragen und erfasst wurden. Deswegen muss die Bewertung der älteren Nutzungshorizonte noch eine vorläufige bleiben.

Das Werkstattareal 8 ist durch die Altgrabung und die Planierarbeiten gestört, sodass nur wenige Artefakte mit sicherem Kontext vorhanden waren, während aus dem westlich anschließenden Hofareal (= ursprünglich Raum 15) deutlich mehr stratifizierte Funde vorliegen, die als Abfall von Werkstattareal 8 interpretiert werden können. Westlich und nördlich dieses Hofareals waren keine weiteren Werkstattareale zu finden, sodass diese Annahme nicht unbegründet erscheint. Über den südlich anschließenden Bereich kann derzeit in Ermangelung einer Ausgrabung nichts ausgesagt werden.

Die Werkstattareale 9 und 10 enthalten neben mehreren Öfen auch Gussreste, Halbfertigprodukte, Endprodukte und zwei mögliche Gussformen, wodurch für die Siedlungsphase ÇuHö IV ein intensives Metallhandwerk nachgewiesen ist. Von hier stammen auch einige Halbfertigprodukte und Rohmetallstückchen, die auf eine gute Materialvorbereitung schließen lassen. Meistens handelt es sich dabei um kleinere Metallstäbchen mit quadratischem Querschnitt, die an ihren Oberflächen Hammermarken vom Überschmieden zeigen. Leider wurden in diesen Räumen keine zueinander passenden Hammer- und Ambossteine gefunden. Es muss aber erwähnt werden, dass im Fundmaterial immer wieder Klopffsteine zutage getreten sind,<sup>661</sup> die für vielerlei Tätigkeiten verwendet worden sein könnten. Im Werkstattareal 9 befinden sich die meisten Öfen wie auch viele metallurgische Reste, die mit diesen in Zusammenhang stehen. So sei das Halbfertigprodukt Kat. Nr. 81 (eventuell für ein Flachbeil) aus diesem Raum besonders hervorgehoben, da es mit 76 g das zweitschwerste Metallstück der ganzen Grabung darstellt. Auch die direkt auf den Böden der Öfen 5 und 24 gefundenen Gusskügelchen bezeugen die intensiven gusstechnischen Tätigkeiten.

Das Werkstattareal 11 ist gesondert zu behandeln, da die ausgegrabenen metallurgischen Reste nicht von Mauern umschlossen waren, sondern der Bereich als offene Fläche angesprochen werden kann. Die Befunde sprechen wohl dafür, dass man auch dort Kupfer verarbeitet hat. Trifft diese Vermutung zu, dann wäre dies das einzige Werkstattareal, das nicht innerhalb eines Raumes situiert gewesen wäre. Dies würde möglicherweise bedeuten, dass dort während der kalten Jahreszeit keine handwerklichen Tätigkeiten stattfanden.

<sup>659</sup> Kat. Nr. 132–133, 135.

<sup>660</sup> Born – Hansen 2001; Horejs et al. 2010.

<sup>661</sup> Mattovà 2011.

Tätigkeitszone C									
W8				W9		W10		W11	
H.	Hof/Straße	H.	R16	H.	R18	H.	R19	H.	F1
	moderne Störungen		moderne Störungen						moderne Störungen
	Architekturreste Phase III (z. B. R3)		Architekturreste Phase III (z. B. R33)		Architekturreste Phase III (z. B. R5, R6)		Architekturreste Phase III		Architekturreste Phase III
Aufgabe + Verstoß	1 Metall, 1 nicht metallischer Fund	jung-a	1 Metall, 2 nicht metallische Funde, Ofen 3	a	1 Metall, 1 nicht metallischer Fund, Ofen 4	a	0 Metalle, 1 nicht metallischer Fund	Nutzung	1 Metall, 8 nicht metallische Funde, Ofen 10, Ofen 19
Neukonzeption, Nutzung unklar	3 Metalle, 0 nicht metallische Funde	jung-b	Ofen 8	b	4 Metalle, 2 nicht metallische Funde, Ofen 5, Ofen 6	b	5 Metalle, 3 nicht metallische Funde	Konst.	keine Metallurgiefunde
Wegnutzung, Neukonzeption	3 Metalle, 4 nicht metallische Funde	jung-c	keine Metallurgiefunde	c	1 Metall, 1 nicht metallischer Fund, Ofen 21, Ofen 22, Ofen 23, Ofen 24	c	keine Metallurgiefunde	Ps. (?)	keine Metallurgiefunde
lokaler (Brand) Schaden	0 Metalle, 3 nicht metallische Funde	Umbau	keine Metallurgiefunde	d	? keine Metallurgiefunde	d	2 Metalle, 0 nicht metallische Funde, Ofen 7		
Wegnutzung	1 Metall (1 Goldperle), 0 nicht metallische Funde	alt-a	Ofen 9			Konst.	keine Metallurgiefunde	?	?
?	?	Konst.	keine Metallurgiefunde		?	Ps.	keine Metallurgiefunde		
		Ps.	enthält Metallurgiefunde			?	?		
<b>nicht ausgegraben</b>									

Tab. 45 Zusammenstellung der in Siedlungsphase ÇuHö IV – Tätigkeitszone C definierten Werkstattareale 8–11 und deren Räume, unterteilt nach Nutzungshorizonten oder erkennbaren baulichen Änderungen. Die vertikale Anordnung der einzelnen Nutzungshorizonte sagt nichts über ihre tatsächliche stratigraphische Relation oder zeitliche Abfolge zueinander aus. In den einzelnen Nutzungshorizonten sind die Anzahl der gefundenen Metalle, der nicht metallischen Funde und die darin gefundenen Öfen eingetragen. Die Legende entspricht der von Tab. 43

## VI.4.7. Goldgegenstände

Die einzigen beiden Goldobjekte (Kat. Nr. 133–134) wurden im Zuge der archäobotanischen Aufarbeitung der Erdproben aus den Schnitten S1–4 gefunden. Obwohl beide Bleche/Perlen sehr klein waren, konnten sie beprobt und analysiert werden. In beiden Fällen ist Silber als wichtigstes Nebenelement auszumachen, während die Kupferkonzentrationen unterschiedlich hoch sind (Tab. 46).

Auffälligster Unterschied zwischen den beiden Goldgegenständen ist nicht nur, dass die Silber- und Kupferkonzentrationen etwas differieren, sondern auch, dass die Kat. Nr. 133 weder Platin noch Palladium enthält, während in der Kat. Nr. 134 beide Elemente gemessen werden konnten. Die Präsenz dieser Elemente deutet darauf hin, dass es sich bei Kat. Nr. 134 um alluviales Gold handelt. Die etwas erhöhte Kupferkonzentration könnte durch verschiedene Begleitminerale (Azurit, Malachit) in den Seifen zustande kommen. In der Kat. Nr. 133 fehlen diese typischen Indikatorelemente für Seifengold, sodass an eine andere Herkunft (Berggold?) gedacht werden kann. Die für seine Verarbeitung notwendigen Temperaturen – der Schmelzpunkt von Gold liegt bei 1063 ° Grad Celsius – wurden von den Schmieden auf dem Tell ohne weiteres gemeistert. Die Frage, ob das Edelmetall aus den im weiteren Umfeld des Tells befindlichen Goldlagerstätten – im speziellen der Lagerstätte von Efemçukuru – stammt, wird von Danilo Wolf (Universität Halle) anhand seiner Forschungen verneint.<sup>662</sup>

Kat. Nr.	Au (%)	Ag (%)	Cu µg/g	Ti µg/g	Mn µg/g	Fe µg/g	Ni µg/g	Zn µg/g	As µg/g	Pd µg/g	Cd µg/g	Sn µg/g	Sb µg/g	Te µg/g	Pt µg/g	Pb µg/g
133	93,0	6,7	550	126	120	930	4,9	490	13	–	11	–	3,2	26	–	10
134	90,5	8,2	12100	–	–	300	11	–	7,7	7,3	14	350	5,8	39	18	3,2

Tab. 46 Ergebnisse der LA-ICP-MS an den beiden Goldblechfragmenten Kat. Nr. 133 und 134. Bis auf die Gold- und Silberkonzentrationen sind alle Angaben in µg/g. Die Konzentrationen von Cr, Bi, Se, Ru, Rh, Co, Os, Ir lagen bei beiden Stücken unter der Nachweisgrenze. – = unter der Nachweisgrenze der Analyseinrichtung

## VI.4.8. Silber-Kupfer-Objekt

Dieses Fundstück (Kat. Nr. 135) besteht aus einem speziellen Metall. Es enthält 49% Cu, 49% Ag, 1,66% As sowie weitere Spurenelemente in geringen Konzentrationen (Anhang A1-3). Es ist das einzige Artefakt mit dieser Zusammensetzung auf dem Tell. In den Spurenelementdiagrammen setzt es sich aufgrund der sehr niedrigen Nickelkonzentration und des hohen Silbergehaltes von den restlichen Fundgegenständen ab (Abb. 45). Seine Bleisotopenwerte weisen darauf hin, dass es aus lokalem Kupfer hergestellt sein könnte (Abb. 46). Da es sich um ein Halbfertigprodukt handelt, ist davon auszugehen, dass es von den örtlichen Metallurgen produziert und weiterverarbeitet wurde.

Die Farben von Silber-Kupferlegierungen reichen von kupferrot (bei niedriger Silberkonzentration) über gelb (bei gleichen Anteilen von Silber und Kupfer) bis zur typischen Silberfarbe (bei niedriger Kupferkonzentration). Die Mischung aus ca. 49% Silber und 49% Kupfer (plus Spurenelemente) führt dazu, dass der gelbliche Farbton des Objektes im unbehandelten Zustand dem von Gold ähnlich ist und sich mit dieser Mischung bis zu einem gewissen Grad Goldgegenstände<sup>663</sup> imitieren lassen. Darüber hinaus sinkt der Schmelzpunkt, was aber nicht die Hauptmotivation für die Herstellung einer solchen Legierung gewesen sein dürfte. Kupfer hat einen Schmelzpunkt von 1083°C, Silber von 961°C.<sup>664</sup> Die sich aus beiden Metallen ergebende Legierung hat bei den oben an-

<sup>662</sup> Wolf 2017, 115, 118–119.

<sup>663</sup> Horejs et al. 2010, 21; Mecking 2010, 62, Abb. 55.

<sup>664</sup> Schumann 1991.

geführten Mengenverhältnissen einen Schmelzpunkt von ca. 850–900°C, abhängig von den weiteren detektierten Elementen, wie etwa Arsen oder Blei.<sup>665</sup> Diese Legierung könnte auch dazu benutzt werden, hochreines Silber vorzutäuschen, indem das Kupfer aus den Oberflächenschichten herausgelöst wird. In seiner Arbeit zu den Edelmetallfunden vom Arslantepe beschreibt Andreas Hauptmann, dass ein Kupfer-Silber-Objekt sein silbriges Erscheinungsbild<sup>666</sup> erhielt, indem es wiederholt geschmiedet wurde und es dadurch zu einer Abreicherung von Kupfer an der Oberfläche kam. Die eigenen Versuchsreihen zeigten, dass dieses Schmieden nicht zwingend notwendig ist. Durch lang andauerndes Glühen unter starker Sauerstoffzufuhr (wie in unserem Fall in einem kleinen Holzfeuer bei ca. 700–800°C) kommt es zur Oxidation des Kupfers an der Oberfläche.<sup>667</sup> Die so gebildete Schicht wurde im Anschluss durch Einlegen des Objektes in eine Flüssigkeit wie Salzwasser oder Essig<sup>668</sup> ab- bzw. aufgelöst und mittels eines feinen Schleif- oder Poliermittels (wie etwa feinkörnigen Sandes) abgetragen. Danach konnte eine stark silberhaltige Schicht an der Oberfläche beobachtet werden, die mit einem Polierstein geglättet wurde. Dieses Verfahren ist für filigrane Schmuckstücke, wie etwa die Edelmetallfunde aus dem „Königsgrab“ vom Arslantepe, mit Sicherheit wesentlich besser geeignet, als das Überschmieden, da dieses immer auch eine Verformung bedeutet, was im Fall solcher Prestigeobjekte sicherlich vermieden wurde. Ob diese Wärmebehandlung an der Oberfläche von Kat. Nr. 135 tatsächlich durchgeführt wurde, ließe sich aber nur durch Untersuchungen<sup>669</sup> mit dem Rasterelektronenmikroskop klären. Eine alternative Erklärung für das Auftreten einer derartigen Legierung wäre die Materialersparnis von Silber, indem ein silberfarbenes Objekt mit dem oben beschriebenen Verfahren hergestellt wurde. Dieser Vorgang wird auch Weißsieden genannt.<sup>670</sup> Es ist aber fraglich, ob der Aspekt der Materialersparnis in diesem Fall eine Rolle gespielt hat. Berücksichtigt man das Auftreten von Edelmetallobjekten vergleichbarer Zusammensetzung in Gräbern einer sozialen Oberschicht,<sup>671</sup> wie in den Königsgräbern von Ur,<sup>672</sup> scheint die Erzielung der Goldfarbe des Metalls von größerer Bedeutung zu sein.

#### VI.4.9. Silberohrring

Aufgrund der geringen Probenmenge, die aus dem Silberohrring Kat. Nr. 132 entnommen wurde, konnten keine Spurenelementanalysen, sondern lediglich Bleiisotopenanalysen durchgeführt werden. Diese zeigen, dass das Edelmetall aus derselben Bergbauregion stammen könnte wie das vor Ort verwendete Kupfer (Abb. 46).

#### VI.4.10. Bleifragmente

Die Analyse des Bleifragments Kat. Nr. 137 zeigt, dass es sich bei diesem Objekt um Blei handelt, in dem eine Silberkonzentration von 270 µg/g gemessen wurde. Im Allgemeinen geht man davon aus, dass Blei mit einem Silbergehalt ab 100 µg/g kuppelbar ist,<sup>673</sup> d. h., dass das Silber durch verschiedene Verfahren aus dem Blei gewonnen werden kann. Da unser Bleistückchen aber noch über 100 µg/g Silber enthält, kann angenommen werden, dass ihm das Silber noch nicht entzogen wurde und es deshalb nicht als Quelle für das ebenfalls auf dem Tell vorhandene Silber in Frage kommt (Tab. 47). Diese Beobachtung wird auch durch die Resultate der Bleiisotopenanalyse

<sup>665</sup> Mecking 2010, 35, Abb. 16.

<sup>666</sup> Palmieri et al. 1999.

<sup>667</sup> Horejs et al. 2010, 20.

<sup>668</sup> Nachdem die Vergleichsprobe ca. 50 Stunden in Salzwasser lag, konnte das herauskorrodierte Kupfer abgelöst werden. Danach war eine Silberschicht erkennbar.

<sup>669</sup> Dieses Verfahren konnte durch rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an einem frühgeschichtlichen Gürtelbeschlagnachgewiesen werden, s. Mehofer – Greiff 2006, 186, Abb. 5.

<sup>670</sup> Moesta – Franke 1995.

<sup>671</sup> Born – Hansen 2001, 48; Horejs et al. 2010, 24.

<sup>672</sup> Vgl. Anm. 4.

<sup>673</sup> Pernicka 1987, 684–686.

unterstützt (Abb. 4).<sup>674</sup> Die Werte des Silberfragments und des Bleifragments differieren merklich voneinander.

Seine Wichtigkeit erhält das Fragment aber vor allem dadurch, dass es in metallischer Form vorliegt und somit belegt, dass Blei als eigenständiges Metall bekannt war. Daraus kann man schließen, dass es dem Arsenkupfer nicht etwa als Bleiglanz zugesetzt wurde oder als Komponente eines polymetallischen Erzes<sup>675</sup> ins Metall kam. Da die Bleisotopensignatur dieses Stückes der einiger Arsenkupfergegenstände sehr ähnlich ist,<sup>676</sup> kann angenommen werden, dass zumindest ein Teil des vor Ort hergestellten Arsenkupfers mit diesem Blei legiert worden war, um seine Eigenschaften zu verbessern. Eine alternative Erklärung wäre, dass sowohl das verwendete Kupfer wie auch das Blei aus derselben Lagerstättenregion stammen und deshalb dieselbe Signatur aufweisen. Bemerkenswert ist auch der Fund eines Bleiobjektes (Kat. Nr. 357), das sich als fragmentierter Hohlzylinder beschreiben lässt.

Kat. Nr.	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Ag	Sn	Sb	Te	Au	Pb	Bi
137	0,108	<0,01	<0,01	0,55	<0,2	<0,01	0,041	0,027	0,045	0,030	0,001	<0,01	99	<0,01

Tab. 47 RF-Analyseergebnisse des Bleifragmentes Kat. Nr. 137. Alle Angaben in Masseprozent

## VI.5. Schnitt M1

Aufgrund der rezenten Baggerarbeiten in diesem Bereich konnten nur Befunde der spätchalkolithischen und frühbronzezeitlichen Phasen ÇuHö IV–VI<sup>677</sup> freigelegt werden. Bis auf wenige Ausnahmen waren keine erkennbaren Befunde der Phase ÇuHö III mehr vorhanden. Die Ausgrabung in diesem Bereich erbrachte wieder zahlreiche Metallfunde,<sup>678</sup> wobei der Anteil an Fertigprodukten<sup>679</sup> wie Waffen, Meißel und Beile im Vergleich zu den nichtmetallischen Werkzeugen wie etwa Tiegel eindeutig dominiert. Insgesamt sind 96 Katalognummern mit metallurgischen Gegenständen oder Metallen vorhanden. Davon stammen 13 aus spätchalkolithischen Kontexten.<sup>680</sup> Die restlichen gliedern sich in 30 Katalognummern aus gestörten und 53 aus frühbronzezeitlichen Kontexten (Anhang A2-4), wobei zwei der Phase ÇuHö III oder ÇuHö IV zuzurechnen sind.

### VI.5.1. Tätigkeitszone D (ÇuHö IV)

Die Befunde der Phase ÇuHö IV wurden zur Tätigkeitszone D zusammengefasst (Taf. 2, 10–11, Anhang A2-4). Da manche Räume z. T. nur partiell ausgegraben sind, können zu ihrer Nutzung keine endgültigen Aussagen gemacht werden. Auf eine Untergliederung in Werkstattareale oder Gebäude wurde – auch aufgrund der nur sporadisch vorhandenen metallurgischen Werkzeuge – verzichtet.

Die Funde der Phase ÇuHö IV umfassen 51 Katalognummern.<sup>681</sup> Zum derzeitigen Zeitpunkt der Forschungen kann festgestellt werden, dass in den sicher stratifizierten Kontexten des

<sup>674</sup> Vgl. Kapitel VI.4.3. Tätigkeitszone B (ÇuHö III).

<sup>675</sup> Özbal et al. 1999, 5–6, Tab. 1; Hauptmann et al. 2002, 54, Tab. 1.

<sup>676</sup> Vgl. Kapitel IV.1.4. Bleiobjekte.

<sup>677</sup> Vgl. Kapitel III.1. Chronologie – Phasengliederung – Architekturreste.

<sup>678</sup> Horejs 2013a, 7.

<sup>679</sup> Besonders herauszustellen sind vier Bronzeartefakte (Kat. Nr. 68, 130–131 und 331) aus Schichten der Räume 41, 46 und 48 (Taf. 29–30) sowie diverse Erzfundstücke (Kat. Nr. 140, 142 und 358).

<sup>680</sup> Vgl. Schwall 2018, 248, Taf. 90.4–5; 92.

<sup>681</sup> Sie setzen sich aus 28 Fertigprodukten, 6 Halbfertigprodukten, 4 Drahtfragmenten, 1 Gusskugelchen, 2 Dolchfragmenten, 1 Pfeilspitze, 1 Bleiobjekt, 2 Tüllenlöffelfragmenten, 1 möglichen Gussformfragment, 1 Steinartefakt, 2 Stücken Ofenwandung aus Lehm und 2 Stücken gebranntem Lehm – davon ein Bruchstück der gebrannten Ofen-

Schnittes M1 keine Gussformen, Düsenfragmente, Schlacken oder Ähnliches gefunden wurden. Im Folgenden werden die Räume, in denen Öfen und Metalle angetroffen wurden, vorgestellt (Taf. 10–11).<sup>682</sup>

### *Befunde nördlich des Weges*

In Raum 38 wurde im Nutzungshorizont a der Ofen 29<sup>683</sup> freigelegt, der in die südöstliche Mauer-  
ecke eingebaut war. Er entspricht damit ungefähr dem Ofentyp 1, wenn er auch keine Seitenwände  
hatte. In den darunterliegenden Nutzungshorizonten b und c konnten weder ein Ofen noch metal-  
lurgisches Gerät festgestellt werden. Lediglich im Nutzungshorizont c kamen die Kat. Nr. 14 –  
eine Nadel mit pilzförmigem Kopf –, die Kat. Nr. 326 – eine Nadel mit Öhr – sowie ein Pfriem  
(Kat. Nr. 341) ans Tageslicht. Die frühbronzezeitlichen Schichten des Raumes 41 wurden komplett  
abgegraben,<sup>684</sup> sodass ein etwas umfassenderer Einblick in die Siedlungstätigkeiten möglich war.  
In ihm konnten vier Öfen (30–31, 36, 38) aus drei Nutzungshorizonten (b–d) freigelegt werden.  
Ebenso fanden sich sieben Metallartefakte, bei denen es sich um ein Halbfertigprodukt und sechs  
Fertigprodukte handelt (Anhang A2-4). Die Öfen 30 und 31 sind dem Nutzungshorizont b zuzu-  
ordnen, Ofen 36 dem Nutzungshorizont c und Ofen 38 dem Nutzungshorizont d. Im Gegensatz  
zu Ofen 38 (Ofentyp 2), der sich in der Mitte des Raumes befand, waren die anderen Öfen an eine  
Mauer angesetzt bzw. knapp vor einer Mauer gebaut worden. Sie entsprechen damit dem Ofentyp 1.  
Da Ofen 30 im jüngeren Nutzungshorizont b nahezu direkt über Ofen 36 gebaut wurde, kann  
man davon ausgehen, dass dieser an gleicher Stelle neu angelegt wurde. Im Nutzungshorizont a  
wurde kein Ofen mehr festgestellt. Ein herausragender Fund dieses Raumes ist die Pfeilspitze  
Kat. Nr. 131, die aus Bronze mit 4,6% Zinn gefertigt ist. Sie stammt aus einer kleinen Grube (SE  
5116), die als Pfostengrube interpretiert wird<sup>685</sup> und in die Schichten der Phase ÇuHö IV einge-  
tieft ist. Da die darüberliegenden Schichten aufgrund der rezenten Planierarbeiten zerstört sind,  
kann nicht eindeutig geklärt werden, ob sie der Siedlungsphase ÇuHö III oder IV zugehört. Aus  
Nutzungshorizont b stammen die Kat. Nr. 26 und 286, aus Nutzungshorizont c die Kat. Nr. 8, 41,  
57 und 97, aus Nutzungshorizont d die Kat. Nr. 56. Das einzige Halbfertigprodukt konnte keinem  
Nutzungshorizont zugewiesen werden. Die aus Schicht 5244 stammenden Draht- bzw. Nadelfrag-  
mente Kat. Nr. 41 und 97 lassen sich eventuell zu einem Stück zusammenfügen. Das gebrannte  
Lehmstückchen Kat. Nr. 286 dürfte ein Bruchstück von der Ofensohle des Ofens 30 sein. In Raum  
46 konnte in Nutzungshorizont c der Ofen 42 freigelegt werden, im darüberliegenden Horizont b  
wurden die aus Bronze gefertigte Kat. Nr. 331 – eine Nadel mit tropfenförmigem Kopf – sowie  
die Kat. Nr. 340 – ein Pfriem – ausgegraben. Aus Raum 47 sind nur zwei Metalle – eine Nadel mit  
Öhr (Kat. Nr. 25) und ein Halbfertigprodukt (Kat. Nr. 84) – aus Nutzungshorizont a bekannt ge-  
worden (Anhang A2-4).<sup>686</sup> In ihm ist bis jetzt kein Ofen freigelegt worden, was auch daran liegen  
könnte, dass der Raum nur teilweise erfasst wurde.<sup>687</sup> In dem südlich an Raum 46 anschließenden  
Raum 48 fanden sich im Nutzungshorizont a der Ofen 27 (Typ 2) und im Nutzungshorizont b der  
Ofen 28 (Typ 1).<sup>688</sup> Drei von vier Funden (Kat. Nr. 68, 96 und 130) wurden im Nutzungshorizont b  
gefunden (Anhang A2-4). Die Kat. Nr. 130 erwies sich für die Interpretation und Einordnung  
der metallurgischen Tätigkeiten als äußerst wichtig, handelt es sich doch um ein Gusskügelchen

sohle von Ofen 30 – (Anhang A2-4) zusammen. Zwei im Bereich bzw. unmittelbar außerhalb der Schnittgrenzen  
von M1 gefundenen Oberflächenfunde wurden diesem Schnitt aus Archivierungsgründen zugeschlagen. Sie wur-  
den jedoch nicht in die Zählung inkludiert.

<sup>682</sup> Zur detaillierten Beschreibung der Stratigraphie der unterschiedlichen Schnitte s. Grasböck et al. in Druck.

<sup>683</sup> Horejs 2013a, 7. Vgl. Grasböck et al. in Druck.

<sup>684</sup> Horejs 2013b, 2–3.

<sup>685</sup> Vgl. Grasböck et al. in Druck.

<sup>686</sup> Schwall 2013, 7.

<sup>687</sup> Horejs 2013b. Vgl. Grasböck et al. in Druck.

<sup>688</sup> Schwall 2012, 7–8; Horejs 2013b. Vgl. Grasböck et al. in Druck.

aus Bronze (Anhang A2-4).<sup>689</sup> Diese Kupferlegierung mit annähernd 9% Zinn belegt, dass Bronze nicht nur als neues exotisches Metall in Form von Fertigprodukten auf den Tell kam, sondern hier auch geschmolzen und, wie die Analysen zeigen, produziert wurde. Die Tatsache, dass Kenntnis und Bearbeitung des neuen Werkstoffes bereits in der älteren Siedlungsphase ÇuHö IV auftritt, macht den Fund bemerkenswert. Das Kügelchen wurde in der Mitte des Raumes in einer Steinpflasterung freigelegt. Der zugehörige Ofen 28 befindet sich in der Ecke des Raumes. Es konnten keine weiteren Anzeichen für Metallverarbeitung, wie Tiegel, Düsen oder Ambossteine gefunden werden. Die Kat. Nr. 68 – eine kleine Metallperle, die ebenfalls aus Bronze gefertigt wurde –, ist als Schmuckgegenstand anzusprechen, bei Kat. Nr. 96 handelt es sich um ein nicht näher bestimmtes Drahtfragment. In den frühbronzezeitlichen Schichten des Raumes 49 konnte im Nutzungshorizont b der Ofen 32 freigelegt werden (Tab. 3). Metallobjekte sind nicht gefunden worden. Aus den Schichten des Raumes 51 wurde eine fragmentierte Nadel mit Öhr (Kat. Nr. 323) geborgen, Reste eines Ofens konnten nicht festgestellt werden. Raum 53 liegt am Nordrand des Schnittes M1 und wurde nur partiell erfasst. Dort wurde lediglich ein Ofen (Ofen 41) gefunden.<sup>690</sup> Dennoch erbrachte dieser Raum neben Raum 41 die höchste Anzahl an Metallfunden, insgesamt sechs Stück. Davon wurden vier im Nutzungshorizont a und zwei im Nutzungshorizont b gefunden (Anhang A2-4). Die Kat. Nr. 43 (ein Nadelfragment) und die Kat. Nr. 325 (eine Nadel mit Öhr) können der alltäglichen Wohn- und Siedlungstätigkeit zugeordnet werden. Das Halbfertigprodukt Kat. Nr. 85 und das Nadelfragment Kat. Nr. 42 wurden in der südöstlichen Ecke des Raumes, jedoch in unterschiedlichen Nutzungshorizonten gefunden. Dort lag im Nutzungshorizont b das Dolchklingenfragment Kat. Nr. 47. Im Nutzungshorizont a des Raumes 54 kam ein an die Mauer gebauter Ofen (Nr. 37) ans Licht, darüber hinaus konnten zwei Metallartefakte der Schicht 5260 aus diesem Nutzungshorizont geborgen werden. Dabei handelt es sich um ein Meißelfragment (Kat. Nr. 66) und ein Drahtfragment (Kat. Nr. 99). Neben dem hier genannten Stück, das eine ca. 2 cm breite Schneide besitzt, sind aus den gestörten Oberflächenschichten des Schnittes M1 noch zwei weitere Meißel bekannt geworden. Die im Nutzungshorizont b gefundene Ahle Kat. Nr. 55 entspricht in ihrer Form und Dimension den schon bekannten Funden dieses Typs und dürfte für Textilverarbeitung oder Ähnliches eingesetzt worden sein. In den Räumen 37 und 52 konnten weder Metalle noch metallurgische Befunde festgestellt werden.

#### *Der West-Ost verlaufende Weg*

Der von West nach Ost verlaufende Weg<sup>691</sup> trennt die nördlich und südlich gelegenen Räume. In seinen Schichten wurden vier Metallobjekte gefunden (Anhang A2-4): eine Nadel mit kugeligem Kopf (Kat. Nr. 16), ein Halbfertigprodukt (Kat. Nr. 86), ein Drahtfragment (Kat. Nr. 95) sowie eine mögliche Gussform (Kat. Nr. 359). Diese Artefakte sind wohl im Laufe der Benützung des Weges verloren gegangen und wurden in diesen Schichten abgelagert.

#### *Befunde südlich des Weges*

Wie bereits mehrfach erwähnt wurde südlich des Weges ebenfalls eine Gebäudestruktur aufgedeckt,<sup>692</sup> in dessen Räumen Öfen, aber auch Metallartefakte angetroffen wurden (Anhang A2-4). So konnte im Nutzungshorizont b des Raumes 36 nicht nur der Ofen 35 vom Typ 1, sondern auch die Kat. Nr. 332 und 338 freigelegt werden. Der anschließende Raum 39 enthielt weder Öfen noch Metallfunde. Im partiell ergrabenen Raum 40 wurde wiederum ein Ofen (Kat. Nr. 43), aber keine Metallfunde freigelegt. Im Raum 42 wurden in einer Mauerecke zwei

<sup>689</sup> Schwall 2013, 7.

<sup>690</sup> Horejs 2013b, 1. Vgl. Grasböck et al. in Druck.

<sup>691</sup> Vgl. Grasböck et al. in Druck.

<sup>692</sup> Horejs 2013b, 1. Vgl. Grasböck et al. in Druck.

übereinanderliegenden Öfen 33 (NH a) und 39 (NH b) ausgegraben, davor war ein flacher Stein als Arbeitsplattform positioniert. Weitere metallische oder metallurgische Befunde waren nicht vorhanden. Der an diesen Raum südlich anschließende Raum 43 enthielt nicht nur fünf Arsenkupfergegenstände (Kat. Nr. 321, 333–334, 336 und 339), sondern auch einen aus Blei gefertigten, flach gedrückten, an beiden Enden offenen Hohlzylinder (Kat. Nr. 357). Besonders bemerkenswert ist der komplett erhaltene Griffzungendolch Kat. Nr. 336. In diesem Raum wurden an den Mauern zwei Öfen vom Typ 1 (Kat. Nr. 48 und 50) sowie zwei sich überlagernde Öfen (Kat. Nr. 47 und 49) in der Mitte des Raumes freigelegt. Obwohl im Raum 44 keinerlei Öfen oder Metalle gefunden wurden, ist er für die archäometallurgische Beurteilung von besonderer Bedeutung, da in ihm der komplett erhaltene Tüllenlöffel Kat. Nr. 361 ausgegraben wurde. Interessanterweise war dieser Tüllenlöffel um 180° gedreht, also mit der Tiegelschale nach unten niedergelegt worden. In Raum 45 konnte Ofen 34 ausgegraben werden.<sup>693</sup> Metallfunde oder metallurgisches Gerät waren nicht vorhanden. Aus Raum 55 stammt das Halbfertigprodukt Kat. Nr. 349, das direkt neben Ofen 45 gefunden wurde. Der Ofen ist dem Typ 1 zuzurechnen, er stellt das am besten erhaltene Exemplar dieses Typs dar. Seine aufgehenden Ofenwände setzen sich aus zwei Lehmziegeln zusammen, deren Längen zwischen 18 und 32 cm, deren Höhen zwischen 15 und 21 cm und deren Dicken zwischen 4 und 8 cm variieren.<sup>694</sup> In Raum 57 wurde Ofen 46 ausgegraben, in Fläche 5 Ofen 44. Weitere metallurgische oder metallische Funde waren nicht vorhanden.

Die Kat. Nr. 324, 337, 348 und 360 konnten nur allgemein der Phase ÇuHö IV zugeordnet werden. Sie wurden in Schichten gefunden, die nach Stefan Grasböck und Christoph Schwall dem Gründungshorizont der Phase ÇuHö IV zugeordnet werden.<sup>695</sup> Bei Kat. Nr. 337 handelt es sich um ein zweites Pfeilspitzenfragment, das anhand seiner stratigraphischen Einordnung eindeutig älter ist als die bronzene Pfeilspitze mit Dorn (Kat. Nr. 131). Aus der Schicht 5210, die ebenfalls diesem Gründungshorizont zugewiesen wird, stammt das fragmentierte Tüllenlöffelfragment Kat. Nr. 360. Es ist somit stratigraphisch älter als das Exemplar Kat. Nr. 361 aus Raum 44.

### VI.5.2. Die Bronzeobjekte

Vier der fünf auf dem Tell gefundenen Bronzeobjekte stammen aus der Phase ÇuHö III oder IV, keines wurde in den Schnitten S1–4 gefunden. Es handelt sich um die Kat. Nr. 68 – eine aus zusammengerolltem Blech bestehende Perle –, die Kat. Nr. 130 – ein Gussrest –, die Kat. Nr. 131 – eine Pfeilspitze – und um die Kat. Nr. 331 – eine Nadel mit tropfenförmigem Kopf. Ihre Zinnkonzentrationen liegen zwischen 4 und maximal 9% Zinnanteil (Tab. 48).

Kat. Nr.	Objekt	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Ag	Sn	Sb	Au	Pb	Bi	Analyse- methode
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
130	Gussrest	0,07	<0,01	0,36	90	<0,2	0,07	<0,01	0,083	8,8	0,022	<0,01	0,08	0,03	RFA
131	Pfeilspitze*	–	–	0,1	95	–	0,3	–	–	4,1	–	–	–	–	REM-EDS
331	Nadel	<0,05	<0,01	0,22	90	<0,1	0,05	<0,01	0,051	8,7	0,033	<0,01	0,81	<0,01	RFA
356	Blech*	–	–	–	53,5	–	0,005	–	–	7,4	–	–	0,08	–	pXRF

Tab. 48 Chemische Zusammensetzung der untersuchten Bronzeartefakte. Die Werte der tragbaren Röntgenfluoreszenzanalyse (pXRF) und des REM-EDS wurden gerundet. Für Kat. Nr. 68 waren keine Messwerte vorhanden, es waren nur qualitative Angaben zu den enthaltenen Elementen möglich. – = unter der Nachweisgrenze der Analyseinrichtung; \* = Die Messung erfolgte an der korrodierten Oberfläche bzw. an korrodiertem Probenmaterial. Alle Angaben in Masseprozent

<sup>693</sup> Horejs 2013a, 7. Vgl. Grasböck et al. in Druck.

<sup>694</sup> Vgl. Grasböck et al. in Druck.

<sup>695</sup> Vgl. Grasböck et al. in Druck.

### VI.5.3. Oberflächenfunde

Auch für Schnitt M1 muss festgehalten werden, dass die Oberflächenschichten durch die Bagger- und Planierarbeiten massiv gestört waren. Dies führt dazu, dass für eine ganze Reihe von interessanten Fundobjekten kein gesicherter archäologischer Kontext angegeben werden kann und auch keine Aussage zu ihrer ursprünglichen Lage innerhalb der Räume möglich ist. Es wurden sowohl Erze, Rohmetalle, Halbfertigprodukte und Fertigprodukte als auch ein Tiegelfragment und etwas gebrannter Lehm gefunden (Anhang A2-4).

Unter diesen Funden sind besonders die Waffen Kat. Nr. 44–49, 131 und 336–337, das Stabbarrenfragment Kat. Nr. 69 sowie die Erze Kat. Nr. 140 und 142 herauszustellen. Letztere zeigen, dass diverse mineralische Rohstoffe, die für die Metallverarbeitung notwendig sind, prospektiert und auf den Tell geschafft wurden. Das Stabbarrenfragment Kat. Nr. 69 hingegen belegt, dass, wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben worden ist, Metall in grob normierten Gewichtsklassen produziert und verhandelt wurde.

Die Gruppe der Waffen umfasst zwei Dolche (Kat. Nr. 48–49) und ein Flachbeil (Kat. Nr. 45). Ob auch die beiden als Meißel bezeichnete Objekte (Kat. Nr. 60–61) dieser Gruppe zugeordnet werden können oder ob diese als Nachweis für Holz-, Knochen oder Geweihhandwerk interpretiert werden müssen, werden zukünftige experimentalarchäologische Forschungen zeigen. Sie kommen in dieser Zeit durchaus in „besser“ ausgestatteten Gräbern<sup>696</sup> zusammen mit (anderen) Waffen vor, allerdings haben diese Meißel eine halbkreisförmige Schneide. Als Ausnahme können wir das in die Frühbronzezeit 1 datierte Grab 12 vom Hassek Höyük anführen, in dem sich neben Lanzen spitzen und einem Flachbeil auch ein Meißel mit gerader Schneide fand,<sup>697</sup> der durch seine Form bestens mit den Stücken vom Çukuriçi Höyük parallelisiert werden kann. Ob das Stück als weitere Waffe zu deuten ist oder ob es sich um eine „pars pro toto“-Beigabe für ein Handwerk handelt, kann nicht entschieden werden.

#### *Erzfunde*

Selten wurden in neolithischen und frühbronzezeitlichen Schichten auf dem Tell auch diverse Blei- und Kupfererze gefunden. Die Funde aus Schnitt M1 hatten keinen archäologischen Kontext mehr, was z. B. im Falle des Bleiglanzfragments Kat. Nr. 142 besonders bedauerlich war. Ihre Analyseergebnisse wurden bereits im Zusammenhang mit anderen Funden, zu denen sie technologisch in Verbindung stehen, besprochen<sup>698</sup> bzw. werden mit den Resultaten des Lagerstättensurveys in einem nachfolgenden Kapitel diskutiert.<sup>699</sup>

### VI.5.4. Analyseergebnisse

Die Ausgrabungen in den Schnitten M1 und N7 erbrachten einige Metallartefakte, die, wenn auch geringer an Zahl als die Artefakte aus den Schnitten S1–4, doch einige sehr interessante Einblicke in die frühbronzezeitliche Metallverarbeitung bieten.

Von den in Schnitt M1 gefundenen Metallartefakten<sup>700</sup> wurden 17 Objekte zur Beprobung ausgewählt. Es handelt sich um die Kat. Nr. 3, 11–13, 33, 45, 48–49, 51, 61, 69, 72, 75, 129–131 und 331. Davon konnte eine kleinere Auswahl von 7 Artefakten<sup>701</sup> mittels RF-Analyse und Multi-kollektor-Massenspektrometer mit induktiv gekoppelter Plasmaionisation (MC-ICP-MS) unter-

<sup>696</sup> Frangipane et al. 2001; Hansen 2010.

<sup>697</sup> Behm-Blancke 1984, 50, Abb. 8.

<sup>698</sup> Vgl. Kapitel VI.4.3.1. Werkstattareal 1.

<sup>699</sup> Vgl. Kapitel VI.6. Die Erzfunde.

<sup>700</sup> Vgl. Kapitel VI.5. Schnitt M1.

<sup>701</sup> Dies sind die Waffen Kat. Nr. 45, 48 und 49, der Meißel Kat. Nr. 61, das Stabbarrenfragment Kat. Nr. 69, das Bronzekügelchen Kat. Nr. 130 und die Nadel Kat. Nr. 331.

sucht werden, die restlichen zehn Proben wurden mit dem REM-EDS analysiert (Anhang A1-3, A1-5). Von ersteren am Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie in Mannheim untersuchten Funden stammen fünf aus gestörten Oberflächenschichten. Lediglich das bereits zuvor herausgestellte Gusskugelchen aus Zinnbronze (Kat. Nr. 130) sowie eine Bronzenadel (Kat. Nr. 331) kommen aus gut stratifizierten Befunden der Siedlungsphase ÇuHö IV. Unter den restlichen im Rasterelektronenmikroskop untersuchten Objekten stammen nur zwei aus ungestörten Kontexten (Anhang A2-4): ein stabförmiges Halbfertigprodukt (Kat. Nr. 72) aus Phase ÇuHö IV und eine bronzene Pfeilspitze (Kat. Nr. 131) (aus Phase ÇuHö III oder IV).

Im Folgenden werden zuerst die Spurenelement- und Bleiisotopenwerte der Objekte aus den gestörten Oberflächenschichten diskutiert und anschließend die stratifizierten Funde besprochen. Die Darstellung im As/Ni-Diagramm zeigt (Abb. 55), dass alle Waffen eine erhöhte Arsenkonzentration aufweisen, die mit einem Durchschnittswert von 3,63% über dem aller anderen gefundenen Objekte liegt (Tab. 49). Der Griffdorndolch Kat. Nr. 49 hat mit 2,2% den niedrigsten Arsenwert, das Dolchfragment Kat. Nr. 46 aus Schnitt N7 mit 5,2% den höchsten. Arsen erhöht bei entsprechender Konzentration und Überschmiedung die Härte des Kupfers<sup>702</sup> merklich. Diese Eigenschaft war bei Waffen, aber auch bei Werkzeugen wie etwa einem Meißel ein durchaus gewünschtes Resultat. Zusätzlich verändert sich mit steigendem Arsenanteil die Farbe von kupferrotlich zu gelblich-goldähnlich und kann in speziellen Fällen durch die Arsenanreicherung an der Oberfläche<sup>703</sup> auch silbern sein. Da aber sämtlichen Dolche überschmiedet, überschliffen und poliert sind und ihre Schneiden zusätzlich noch stark nachgeschliffen wurden, ist dieser Effekt dort wohl nicht (mehr) zu sehen gewesen, da die genannten Herstellungs- und Nachbearbeitungstechniken die hoch arsenhaltige Oberflächenschicht wieder abgetragen haben. Vielmehr ist davon auszugehen, dass eine im weitesten Sinne gelbliche-goldähnliche Farbe<sup>704</sup> sichtbar war. Einzig das Flachbeil Kat. Nr. 45 könnte eine silberähnliche Farbe aufgewiesen haben, da seine Oberfläche (abgesehen von der Schneide) wahrscheinlich nur gering überarbeitet wurde.

Die Spurenelementkonzentrationen der Funde aus M1 decken sich in den Ni/Ag-, Ni/Bi-, Ni/Sb- und Ni/As-Diagrammen sehr gut mit denen der Objekte aus den Schnitten S1–4. Dies gestattet den Schluss, dass sie aus Metall mit ähnlicher Zusammensetzung produziert wurden (Abb. 55).

Ein Vergleich der Bleiisotopenwerte unterstützt diese Feststellung (Abb. 56). Ihre <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb-Werte gehören zu den höchsten aller festgestellten Bleiisotopenverhältnisse und liegen im <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb- zu <sup>208</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb-Diagramm im oberen Bereich der isotopischen Ausdehnung der Objekte

Kat. Nr.	Cu	Ni	As	Ag	Sn	Sb	Pb	Bi	Objekt
45	93	0,33	2,7	0,049	<0,005	0,064	3,4	<0,02	Flachbeil
46	93	0,12	5,2	0,051	<0,005	0,041	1,61	<0,02	Dolchfragment
48	96	0,19	3,2	0,041	<0,005	0,051	0,69	0,02	Griffplattendolch
49	97	0,09	2,2	0,064	0,070	0,031	0,67	<0,02	Griffdorndolch
61	92	0,23	4,8	0,024	<0,005	0,085	2,8	<0,01	Meißel, komplett
69	94	0,33	1,10	0,079	<0,005	0,058	4,0	<0,01	Stabbarrenfragment
130	90	0,36	0,07	0,083	8,8	0,022	0,08	0,03	Gussrest
331	90	0,22	0,05	0,051	8,7	0,033	0,81	<0,01	Nadel

Tab. 49 Auflistung der wichtigsten Spurenelementkonzentrationen der Metallartefakte aus den Schnitten N7 und M1. Alle Angaben in Masseprozent

<sup>702</sup> Northover 1989, 113, Abb. 13.3; Lechtman 1996, 494, Abb. 18.

<sup>703</sup> Smith 1973; Rehren – Pernicka 2014, 246–247. Vgl. zuletzt Radivojević et al. 2018 mit weiterer Literatur.

<sup>704</sup> Da Bronze zu dieser Zeit noch nicht bzw. nur sporadisch bekannt war, kann die Erzielung dieses Farbtons keinesfalls das Ziel gewesen sein. Deswegen wird die Benennung „bronzefarben“ vermieden.

vom Çukuriçi Höyük. Die im Bi/Ni-Diagramm sichtbare regelhaft höhere Bismutkonzentration der Artefakte aus dem Schnitt M1 ist auf die geänderte Nachweisgrenze der RF-Analyseeinheit für dieses Spurenelement zurückzuführen. Während die Bismutwerte für die Funde aus den Schnitten S1–4 mit <0,01% angegeben sind, sind die Werte der Objekte aus Schnitt M1 mit <0,02% aufgelistet. In beiden Fällen bedeutet dies aber, dass die realen Bismutkonzentrationen unter der Nachweisgrenze der Analyseeinrichtung liegen. Um sie im Diagramm darstellbar zu machen, wurden die Werte der Nachweisgrenzen verwendet. Die einzige Ausnahme innerhalb des Fundensembles ist der Gussrest aus Bronze (Kat. Nr. 130), dessen Bismutkonzentration höher als die Nachweisgrenze ist.

Die Bleikonzentrationen der Waffen und des Meißels sind merklich niedriger als bei den restlichen Artefakten vom Çukuriçi Höyük (Anhang A1-3). Sie schwanken zwischen 0,67–3,4% mit einem Durchschnittswert von 1,83%. Exkludiert man den Meißel Kat. Nr. 61 aus dieser Berechnung, weil es sich auch um ein Werkzeug handeln könnte, dann sinkt die durchschnittliche Bleikonzentration auf 1,58%. Das Flachbeil Kat. Nr. 45 weist die höchste Konzentration von Blei auf (3,4%), wohingegen der Griffplattendolch Kat. Nr. 48 und der Griffdorndolch Kat. Nr. 49 unter 1% Blei enthalten. Auch die Konzentration des Dolchfragmentes Kat. Nr. 46 ist mit 1,61% Pb relativ niedrig. Dies zeigt, dass zur Herstellung von Objekten mit sehr dünnem Querschnitt ein Ausgangsmaterial gewählt wurde, dessen natürlicher Bleianteil sehr niedrig war und dem man auch kein Blei hinzulegierte. Blei ist im kalten Zustand nicht mit Kupfer mischbar und bildet globulare Einschlüsse im Mikrogefüge.<sup>705</sup> Diese schwächen den Querschnitt des „tragenden“ Kupfers, wodurch es biegungs- und bruchanfälliger wird. Während dies bei Objekten mit massivem Querschnitt, wie etwa dem Flachbeil Kat. Nr. 45 oder dem Meißel Kat. Nr. 61 keine große Rolle spielt, da genügend tragendes Material vorhanden ist, würde es bei den Dolchen, die allesamt einen relativ dünnen Querschnitt haben, zu einer Schwächung des Materials und damit zu einer erhöhten Bruchanfälligkeit führen. Die Tatsache, dass dies vermieden wurde, bezeugt nicht nur die gezielte Materialauswahl und die überlegte Behandlung desselben, sondern in weiterer Folge auch das umfangreiche technologische Wissen der Metallurgen<sup>706</sup> auf dem Çukuriçi Höyük. Sie zeigt darüber hinaus, dass die Handwerker nicht nur detaillierte Kenntnisse von den Materialeigenschaften des Kupfers hatten, sondern auch von den Effekten, die die Zugabe eines anderen Metalls, wie etwa Blei, auf die Materialeigenschaften haben kann.

Das Stabbarrenfragment Kat. Nr. 69 verdient ebenfalls besondere Beachtung. Sowohl seine Spurenelementkonzentrationen wie auch seine Bleiisotopenverhältnisse sprechen dafür, dass es auf dem Siedlungshügel produziert wurde. Mit 1,1% Arsen und 4% Blei hat es durchschnittliche Werte, wenn auch die Bleimenge etwas erhöht erscheint. Die Antimon-, Bismut- und Nickelwerte sind wiederum mit denen der anderen Artefakte aus den Schnitten M1 und S1–4 in guter Übereinstimmung. Bemerkenswert ist, dass es in Form, Größe und Querschnitt exakt in die Stabbarrengussform Kat. Nr. 156 passt und logischerweise mit dieser produziert wurde. Da diese Gussform ebenfalls unstratifiziert ist, kann zum Entstehungszeitraum und Ort des Stabbarrens nichts Genaues gesagt werden. Der Fundort der Stabbarrengussform an der Oberfläche der Schnitte S1–4 wie auch die bleiisotopische Nähe des Metalls zu den untersuchten Gusstiegeln Kat. Nr. 193 aus Phase ÇuHö III und Kat. Nr. 216 aus Phase ÇuHö IV führen zu der Überlegung, dass das Stabbarrenfragment in einer Werkstatt der Schnitte S1–4 hergestellt worden sein könnte.

Die rasterelektronenmikroskopischen Analysen der ebenfalls unstratifizierten Funde Kat. Nr. 3, 11–13, 33, 51, 75 und 129 aus dem Schnitt M1 zeigen eine gute Korrelation der Arsen-, Blei-, Nickel- und Kupferkonzentrationen mit den zuvor diskutierten Fundobjekten (Anhang A1-3, A1-5). Die Nickelkonzentrationen bewegen sich zwischen 0,2 und 0,4%, die Arsenwerte variieren

<sup>705</sup> Schumann 1991, 653.

<sup>706</sup> Natürlich darf dies nicht im Sinne der modernen Metallurgie verstanden werden, bei der umfangreiches physikalisch-chemisches Wissen zu den jeweiligen Elementen vorhanden ist. Vielmehr repräsentieren diese Kenntnisse über viele Jahrzehnte empirisch erworbenes Wissen und Beobachtungen zu den Eigenschaften des Metalls.

von 1,7 bis 2,4%, die Bleiwerte schwanken im Bereich von 2,6 bis 5,1% (mit einem Ausreißer von 10,1% in einem Halbfertigprodukt).<sup>707</sup> Es kann deshalb vermutet werden, dass auch sie mit auf dem Tell verfügbarem Kupfer hergestellt wurden. Bismut und Antimon konnten mit dieser Messmethode nicht bestimmt werden bzw. lagen ihre Konzentrationen unter der Nachweisgrenze der Analyseeinrichtung.

Eine Einengung des Produktionszeitraumes auf eine Siedlungsphase ist anhand der Spurenelementwerte und Bleiisotopenverhältnisse dieser unstratifizierten Funde nicht möglich, da sie sowohl denen der Funde aus Phase ÇuHö III als auch denen aus Phase ÇuHö IV ähneln. So liegen die Werte der Waffen in unmittelbarer numerischer Nähe zu den Bleiisotopenverhältnissen diverser Artefakte<sup>708</sup> aus Siedlungsphase ÇuHö III – z. B. zu denen des Gussrestes Kat. Nr. 113 oder des Bleifragmentes Kat. Nr. 137 – sowie zu den Bleiisotopenverhältnissen von Objekten<sup>709</sup> aus der Siedlungsphase ÇuHö IV – z. B. zu denen des Gussrestes Kat. Nr. 126 oder des Halbfertigprodukts Kat. Nr. 78. Diese Naheverhältnisse haben zwar den großen Vorteil, dass wir dadurch für sie den Tell als Produktionsort wahrscheinlich machen können, aber auch den Nachteil, dass keine weitere zeitliche Zuordnung (außer für Kat. Nr. 46) möglich ist (Abb. 56).

#### *Schnitt N7: Dolchfragment Kat. Nr. 46*

Das Dolchfragment Kat. Nr. 46 aus Schnitt N7 repräsentiert ein weiteres Fundstück, dessen archäometallurgische Untersuchung das Wissen um die metallurgischen Prozesse wesentlich erweitert (Abb. 54). Es wurde in gestörten Oberflächenschichten des Schnittes N7 gefunden. Es hat mit 5,2% die höchste Arsenkonzentration aller analysierten Metallgegenstände, wodurch es



Abb. 54 Die Schrägaufnahme der Kat. Nr. 46 zeigt den Übergang von der Spitze, wo die Mittelrippe noch ausgearbeitet ist, zum linsenförmigen Querschnitt des Mittelteiles (M. Mehofer, VIAS)

<sup>707</sup> Die hohe Bleikonzentration in Kat. Nr. 75 von 10,1 Masseprozent mag dadurch erklärt werden, dass die Bohrspäne aus einer besonders bleireichen Sektion des Metalls genommen wurden.

<sup>708</sup> Kat. Nr. 15, 113, 118 und 137.

<sup>709</sup> Kat. Nr. 6, 7, 9, 38, 78 und 126.

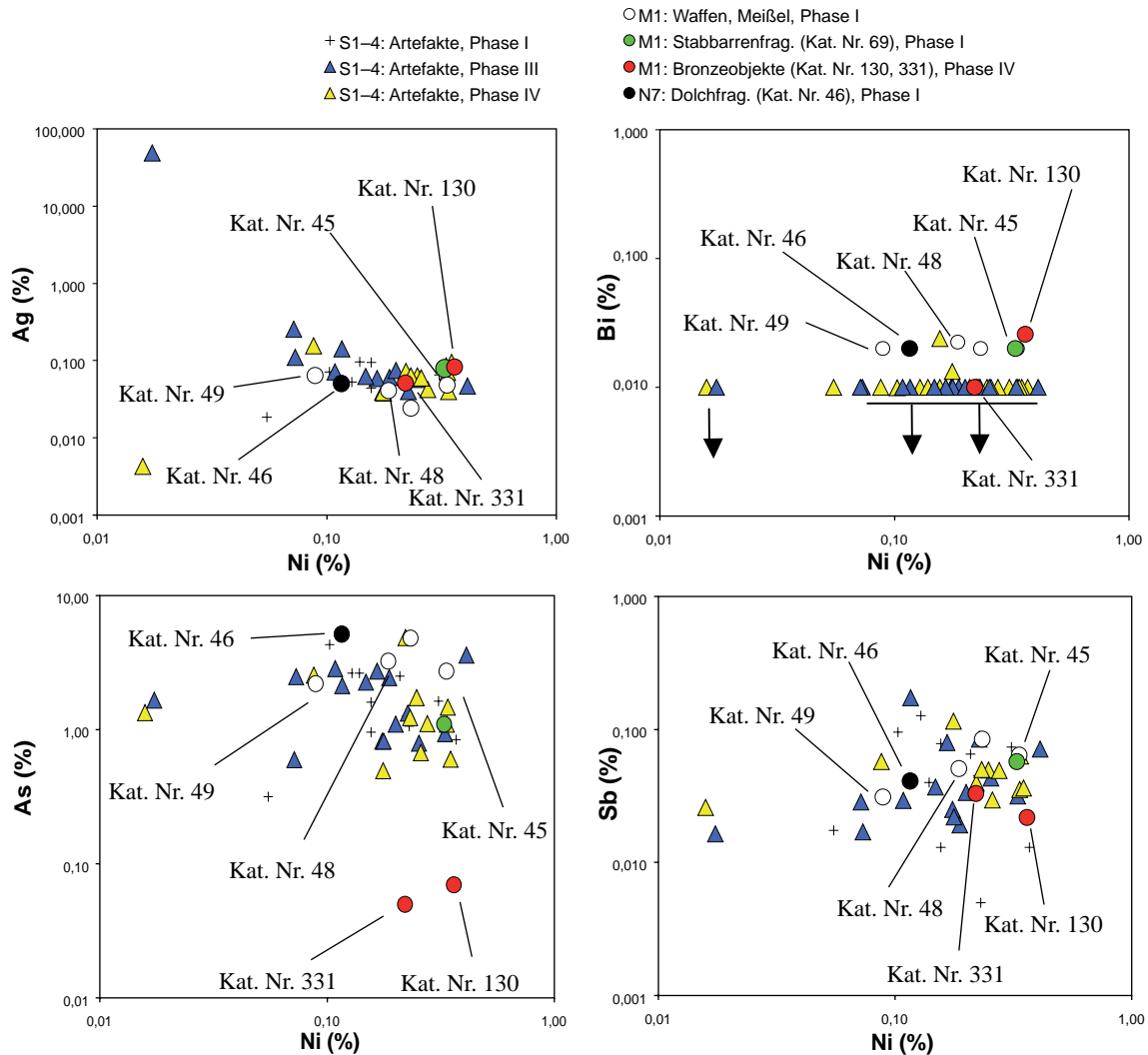


Abb. 55 Spurenelementwerte aller in den Schnitten S1-4, M1 und N7 gefundenen frühbronzezeitlichen Artefakte. Alle Werte in Masseprozent. Die aus Schnitt M1 stammenden Waffen sind als weiße Kreise dargestellt (M. Mehofer, VIAS)

sich in das schon zuvor beschriebene Bild einfügt, wonach Waffen anscheinend einen regelhaft höheren Arsenanteil besitzen. Seine Bleikonzentration von 1,61% passt ebenfalls gut zu diesen Beobachtungen. Die Bismut-, Antimon-, Nickel- und Silberwerte sind den übrigen analysierten Artefakten sehr ähnlich (Anhang A1-3, Abb. 55).

Eine Begutachtung der Bleiisotopenverhältnisse lässt erkennen, dass das Dolchfragment Kat. Nr. 46 und die Metalleinschlüsse aus dem Tiegelfragment Kat. Nr. 185 ähnliche Bleiisotopenverhältnisse aufweisen (Abb. 56).<sup>710</sup> Wir können daraus schließen, dass das Blei in beiden Objekten aus derselben Lagerstättenregion stammt. Entweder wurde es beiden während eines engen zeitlichen Rahmens, in dem Blei mit dieser spezifischen Isotopensignatur verfügbar war, beigegeben oder der Dolch wurde mit Arsenkupfer hergestellt, das in diesem Tiegelfragment erschmolzen wurde. Beide Produktionsvorgänge sind möglich und würden in der beobachtbaren Übereinstimmung enden. Als Ausgangsmaterial für das Blei könnte das auf dem Siedlungshügel gefundene Bleiglanzfragment Kat. Nr. 142 gedient haben, da seine Bleiisotopenwerte sehr nahe denen des Tiegelfragmentes und des Dolchfragmentes sind (Abb. 56).

<sup>710</sup> Vgl. Kapitel VI.4.3.1. Werkstattareal 1.

Diese gute, wenn auch nur bleiisotopische Übereinstimmung mit dem Tiegelfragment erlaubt die Annahme, dass beide Stücke innerhalb eines kurzen Zeitraumes entstanden sind. Trifft diese Überlegung zu, würde dies bedeuten, dass der Dolch Kat. Nr. 46 ein Produkt eines in Werkstattareal 1 arbeitenden Handwerkers<sup>711</sup> ist. Basierend darauf kann man postulieren, dass die Waffe während der Siedlungsphase ÇuHö III entstanden ist.

### *Bronzefunde: Spurenelementanalyse*

Die röhrenförmige Perle Kat. Nr. 68 war zu fragil für die Entnahme einer Materialprobe, weshalb vor Ort eine zerstörungsfreie Analyse mittels pXRF durchgeführt wurde. Diese konnte zeigen, dass die Perle aus Zinnbronze hergestellt worden ist (Tab. 48).

Das Gusskugelchen Kat. Nr. 130, das sich schon vorab durch die REM-Untersuchung als Bronze entpuppt hatte, wurde in weiterer Folge einer RF-Analyse sowie einer Bleiisotopenanalyse unterzogen. Zusammen mit der Bronzefeielspitze Kat. Nr. 131, dem Kupferstein-Speise-Fragment Kat. Nr. 220 und der Nadel Kat. Nr. 331 zählt es zu den wichtigsten Funden des Tells, da es uns einen Einblick in eine metallurgische Entwicklungsphase bietet, während der das zuvor dominierende Arsenkupfer allmählich von der Zinnbronze abgelöst wird. Es besitzt Antimon-, Nickel- und Silberkonzentrationen, die in der Streuung der zuvor besprochenen Artefakte liegen (Abb. 55). Eindeutige Unterschiede ergeben sich in der Arsen- und Bleikonzentration sowie in der Zinnkonzentration (8,8% Sn). Die Arsenkonzentration von 0,07% ist die zweitniedrigste aller analysierten frühbronzezeitlichen Objekte. Auch die Bleikonzentration mit 0,08% ist signifikant niedriger als die beinahe aller anderen Artefakte. Einzig der spätkalkolithisch datierte Metallquader Kat. Nr. 87 weist mit 0,06% Pb einen noch niedrigeren Wert auf. Ähnliches können wir für das zweite untersuchte Bronzeartefakt, die Pfeilspitze Kat. Nr. 131, feststellen, wenn es auch nur mittels REM-EDS untersucht werden konnte. Die Zinnkonzentration liegt bei 4–5%. Ihre Arsenkonzentration ist mit 0,3% ebenfalls vergleichsweise niedrig, sie liegt unter dem Durchschnitt der Arsenkupfergegenstände. Der Bleianteil lag unter der Nachweisgrenze der Analyseinrichtung<sup>712</sup> (Anhang A1-5). Die Nickelkonzentration korrespondiert gut mit der Konzentration der restlichen untersuchten Proben. Die Nadel mit tropfenförmigem Kopf (Kat. Nr. 331) wurde ebenfalls am Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie in Mannheim analysiert. Sie hat eine Zinnkonzentration von 8,7%, eine Bleikonzentration von 0,81% und eine Arsenkonzentration von 0,05%, der niedrigste Wert im ganzen Fundensemble (Anhang A1-5). Obwohl die Spurenelementkonzentrationen ähnlich sind, besteht in den Bleiisotopenverhältnissen (Abb. 57) ein eindeutiger Unterschied, sodass eine gemeinsame Metallquelle ausgeschlossen werden kann. Die Nadel wurde wohl von außerhalb auf den Tell gebracht bzw. importiert.

Anhand der Analyseergebnisse kann erkannt werden, dass sich Arsen und Zinn in den Bronzegegenständen ausschließen.<sup>713</sup> Betrachtet man nun das Ni/As-Diagramm, so werden diese Unterschiede in den Elementkonzentrationen am deutlichsten sichtbar (Abb. 55). Eindeutig ist zu erkennen, dass sich das Bronzekugelchen Kat. Nr. 130 und die Nadel Kat. Nr. 331 aufgrund ihrer niedrigen Arsenkonzentrationen separieren. Die Ergebnisse der Pfeilspitze Kat. Nr. 131 widersprechen diesen Beobachtungen nicht. Wir können daraus schließen, dass die drei Artefakte aus arsen- und bleiarmem Kupfer bestehen. Dieses Ergebnis lässt sich dahingehend interpretieren, dass wir mit diesen Objekten den Moment fassen können, als das Arsen oder das Arsenkupfer als dominierende Metallsorte durch die Zinnbronze verdrängt bzw. ersetzt wurde.

<sup>711</sup> Vgl. Kapitel VI.4.3.1. Werkstattareal 1.

<sup>712</sup> Die REM-EDS-Untersuchung wurde an einer sehr geringen Menge von Bohrspänen (<5 mg) durchgeführt. Dadurch sind Schwankungen in den angegebenen Gehalten möglich. Um eine repräsentativere Analyse zu gewährleisten, wäre die Entnahme von einer ausreichenden Probenmenge notwendig.

<sup>713</sup> Ähnliches kann für Bronzefunde aus Poliochni, die in die Phasen „verde“ und „rosso“ datieren oder einer Bronzenadel vom Demircihüyük festgestellt werden, s. Pernicka et al. 1990, 273, 275; Massa et al. 2017, 66 Tab. 7.

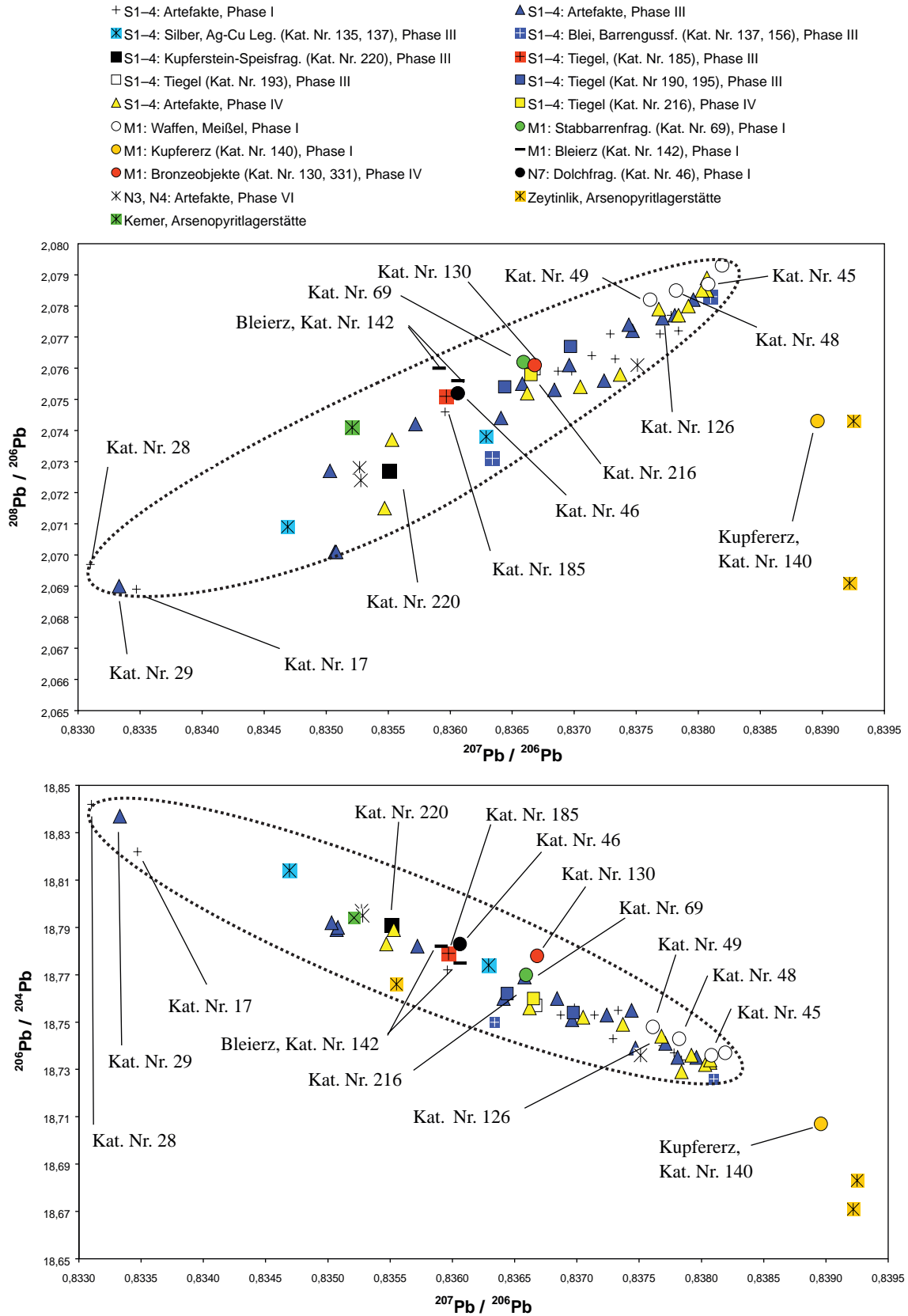


Abb. 56 Die Diagramme zeigen eine Kombination aller analysierten Objekte vom Çukuriçi Höyük mit ausgewählten Lagerstätten aus dem weiteren Umland des Tells. Die Ellipse umschreibt das „isotopische Feld“ der Artefakte vom Çukuriçi Höyük. Die Waffen und Meißel aus Schnitt M1 (weiße Kreise) liegen innerhalb dieses Feldes. Die Isotopenverhältnisse der Kat. Nr. 331 liegen außerhalb des Diagramms (vgl. Abb. 57, 66). Die mittlere Standardabweichung entspricht der Größe der dargestellten Symbole (M. Mehofer, VIAS)

*Bronzefunde: Bleiisotopenanalyse*

Die aus den  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - zu  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnissen kombinierte Abb. 56 zeigt für das Bronzekügelchen Kat. Nr. 130 eine grundsätzlich gute bleiisotopische Übereinstimmung<sup>714</sup> mit den Funden der Phase ÇuHö IV, wenn auch in der Abbildung der  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - zu  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Verhältnisse eine Abweichung erkannt werden kann. Das  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Verhältnis der Kat. Nr. 130 ist mit 18,778 gegenüber den Artefakten der Phase ÇuHö IV etwas erhöht. Schlussendlich darf dieser Unterschied aber nicht verwundern, da es sich im Fall der anderen Objekte um Arsenkupfer, im Fall des Gusskügelchens um Zinnbronze handelt und eine exakte Übereinstimmung allein schon aufgrund der unterschiedlichen Legierungszusammensetzung und der unterschiedlichen Schmelz- bzw. Herstellungsprozesse nicht erwartet werden darf. Wenn es sich somit auch nicht um dasselbe Metall handeln kann, so zeigt es doch, dass Kupfer mit nicht unähnlichen Bleiisotopenverhältnissen<sup>715</sup> während der Siedlungsphase ÇuHö IV verfügbar war und verarbeitet wurde. Man kann also annehmen, dass die Bronze auf dem Tell<sup>716</sup> produziert und dafür vor Ort verfügbares Kupfer verwendet wurde. Weiters können wir postulieren, dass die Bronze in den Werkstätten im Zentrum des Tells hergestellt wurde. Das beste isotopische Nahverhältnis unter den Metallen weist interessanterweise das Stabbarrenfragment Kat. Nr. 69 auf, allerdings hat es mit 1,1% Arsen und 4% Blei deutlich andere Spuren- und Nebenelementkonzentrationen. Das in dem Tiegelfragment Kat. Nr. 198 aus Siedlungsphase III gefundene Zinnoxid gibt uns ebenfalls einen Hinweis darauf, dass im Zentrum des Tells Bronze hergestellt wurde. Die Bleiisotopenverhältnisse der Nadel Kat. Nr. 331 fügen sich nicht in dieses Bild ein. In allen Isotopendiagrammen liegt die Nadel nicht nur separiert von denen des Çukuriçi Höyük, sondern auch von denen der nordwestanatolischen Kupfererze (Abb. 57, 66). Man kann daraus schließen, dass die Nadel als Fertigprodukt auf dem Tell gebracht wurde. Seine Isotopenverhältnisse sind in den Diagrammen in dem Bereich platziert, in dem auch die mittel- und ostanatolischen Erze und Artefakte liegen. Allerdings finden sich dort auch Datenpunkte von ägäischen und balkanischen Erzen, sodass die Herkunft des Metalls ungeklärt bleiben muss.

## VI.5.5. Interpretation

Die oben angeführten Resultate gewähren v. a. für die Phase IV einen Einblick in die metallurgischen Aktivitäten im Schnitt M1. So lassen sich einige Unterschiede zu den Resultaten der Schnitte S1–4 herausarbeiten. Wir können z. B. anmerken, dass in den gestörten Oberflächenschichten der Schnitte S1–4 signifikant mehr nichtmetallische Werkzeuge wie Tiegel oder Gussformfragmente vorhanden waren als in Schnitt M1, in dem lediglich vier Tiegelfragmente gefunden wurden. In stratifizierten Kontexten des Schnittes M1 wurden keine Schlacken, keine Amboss- oder Klopffsteine und keine Gussform- oder Düsenbruchstücke ausgegraben. Ebenso kann festgestellt werden, dass im gesamten Schnitt M1 nur ein Gusskügelchen (Kat. Nr. 130) geborgen werden konnte. Im Gegensatz dazu kann beobachtet werden, dass im Bereich von Schnitt M1 nicht nur sämtliche Waffen – vier Dolche, zwei Pfeilspitzen und ein Beil<sup>717</sup> – gefunden wurden, sondern auch (bis auf eine Ausnahme) sämtliche Bronzeobjekte.<sup>718</sup>

Ebenso ist anzumerken, dass der Anteil an Fertigprodukten in Relation zu den Gussresten und Halbfertigprodukten bei weitem überwiegt. Den aus den Phasen ÇuHö I und IV geborgenen 46

<sup>714</sup> Das beigemengte Zinn sollte keinen merkbaren Einfluss auf die Bleiisotopenwerte haben, da es im Allgemeinen nur äußerst geringe Mengen Blei enthält, s. Begemann et al. 1999, 281, 283, Tab. A-2.

<sup>715</sup> Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass aufgrund der geringeren analysierten Probenanzahl aus Phase ÇuHö IV (Schnitt M1 und S1–4), die möglichen Schwankungsbreiten der Spurenelementkonzentrationen und der Bleiisotopenverhältnisse wahrscheinlich nicht voll erfasst wurden.

<sup>716</sup> Da die bronzene Pfeilspitze Kat. Nr. 131 nicht beprobt wurde, kann zu ihrem Produktionsort keine Aussage getroffen werden.

<sup>717</sup> Kat. Nr. 45–49, 131, 336–337.

<sup>718</sup> Kat. Nr. 68, 130–131, 331. Die Kat. Nr. 356 stammt aus einem gestörten Bereich des Schnittes N6.

Fertigprodukten stehen lediglich 14 Fundobjekte<sup>719</sup> gegenüber, die nicht als solche angesprochen werden können. In den Schnitten S1–4 hingegen ist dieses Verhältnis teils ausgewogener teils sogar umgekehrt. Aus den dem Spätchalkolithikum zugewiesenen Schichten stammen lediglich Fertigprodukte wie Nähnadeln, Pfieme oder ein Meißel. Diese wenigen Funde lassen sich dahingehend interpretieren, dass in diesem Bereich wohl eher eine Verarbeitung oder Lagerung des Metalls und der Rohstoffe stattgefunden hat. Eine Produktion von Arsenkupfer – wie in den Schnitten S1–4 – konnte hingegen nicht nachgewiesen werden.

## VI.6. Die Erzfunde

Die archäometallurgische Analyse von Kupfer- und Bronzegegenständen führt unweigerlich zu der Frage, wo sich die Lagerstätten befunden haben, aus denen sich die Handwerker oder Händler mit Erz und Metall versorgen konnten. Dies war für die frühe Metallurgie von besonderem Interesse, da sich während dieses Zeitraumes das Wissen um die Erze und ihre Eigenschaften (im Sinne der Umwandlung in Metall) erst gebildet hat und sich zu verbreiteten begann. Zwar wurden Kupfererze schon viel früher genutzt – etwa um Malachitschmuckstücke herzustellen –, doch wurden diese farblich attraktiven Objekte mit Sicherheit als Steinrohstoff wahrgenommen und nicht als Trägermedium von Kupfer eingestuft. Die Ausgrabungen in Kırklareli<sup>720</sup> zeigen z. B. sehr eindrücklich eine derartige Malachitverarbeitung während des Chalkolithikums.

Wenn auch bis heute intensiv darüber diskutiert und spekuliert wird, wann, wo und wie die Metallverarbeitung<sup>721</sup> entdeckt wurde, so muss am Anfang solcher Fragestellungen immer die fundierte Untersuchung der möglicherweise im weiteren Umfeld der Fundstelle liegenden Lagerstätten stehen. Während die Troas und die Nordwesttürkei vom montanarchäologischen Standpunkt<sup>722</sup> schon relativ gut erforscht sind, kann dies für die restliche Westtürkei nicht behauptet werden. Die umfangreichen Forschungsarbeiten von Ernst Pernicka, Günther Wagner, Friedrich Begemann, Clemens Eibner u. v. m.<sup>723</sup> haben gezeigt, wie aufwendig, aber auch gewinnbringend Lagerstätten-surveys für die archäologische und archäometallurgische Forschung sein können.

Wichtigstes Anliegen solcher Surveys muss das Bestreben sein, nicht nur Lagerstätten innerhalb der Forschungsregion zu finden, sondern auch deren Begehung und Abbau in prähistorischer Zeit nachzuweisen. Nur wenn für diese beiden wichtigen Bedingungen positive Nachweise gelingen, kann davon ausgegangen werden, dass die betreffende(n) Lagerstättenregion(en) auch in prähistorischer Zeit begangen und ausgebeutet wurde(n).

Obwohl dies für die der Frühbronzezeit nachfolgenden Perioden schon mehrfach gelungen ist, da der Bergbau und die Verhüttung industrielle Ausmaße<sup>724</sup> annehmen konnten,<sup>725</sup> deren Reste in der jeweiligen Bergbauregion auch gefunden wurden, muss gesagt werden, dass dies für die frühen Entwicklungsphasen nicht so einfach ist. Demnach sind bis dato nur wenige Beispiele<sup>726</sup> dieser frühen Zeitstufe bekannt.

<sup>719</sup> Dies sind ein Stabbarrenfragment, ein Gusskugelchen sowie einige Halbfertigprodukte. Drahtfragmente wurden nicht in dieser Zählung berücksichtigt, da nicht entschieden werden kann, ob es sich um Halbfertigprodukte oder Endprodukte handelt.

<sup>720</sup> Özdoğan – Parzinger 2012.

<sup>721</sup> Renfrew 1969; Yalçın 2000a; Roberts et al. 2009; Radivojević et al. 2010; Strahm 2012; Pernicka 2014b.

<sup>722</sup> Pernicka et al. 1984; Begemann et al. 2003; Pernicka et al. 2003.

<sup>723</sup> Pernicka et al. 1984; Pernicka 1987; Pernicka 1995; Wagner – Öztunali 2000; Begemann et al. 2003; Pernicka et al. 2003.

<sup>724</sup> Yalçın 2000a.

<sup>725</sup> Vgl. z. B. den antiken Bergbau auf Thasos oder den mittel- bis spätbronzezeitlichen Kupferbergbau auf Zypern, s. Wagner – Weisgerber 1985; Wagner – Weisgerber 1988; Stos-Gale et al. 1997; Gale et al. 1998.

<sup>726</sup> Hier seien z. B. die chalkolithischen Bergwerke von Rudna Glava und Majdanpek in Serbien und Aibunar in Bulgarien herausgestellt, bei denen es sich bis dato um die ältesten Nachweise von frühem Kupferbergbau handelt. Ünsal Yalçın hat vor kurzem auf frühbronzezeitlichen Bergbau in Derekutuğun, Mitteltürkei hingewiesen,

Nicht nur der Umstand, dass die Spuren frühen Bergbaus oft durch später erfolgten intensiven Abbau<sup>727</sup> vernichtet wurden, sondern auch die Tatsache, dass die frühen Tätigkeiten generell wenige Hinterlassenschaften produzierten, erschwert die Rekonstruktion oft ungemein. Zum einen wird angenommen, dass vor allem oberflächennahe und zugängliche Vererzungen<sup>728</sup> weitgehend abgebaut wurden und demnach in heutiger Zeit nicht mehr auffindbar sind. Zum anderen ist zu bedenken, dass diese abgebauten – oftmals hochkupferhaltigen karbonatischen – Erze in die Siedlungen<sup>729</sup> transportiert und erst dort zu Metall verarbeitet wurden. Dies hat zur Konsequenz, dass bei den ausgebeuteten Lagerstätten keine oder nur sehr geringe verwertbare Hinweise im Umkreis der Lagerstätte zurückgeblieben sind. Basierend auf diesen Überlegungen darf man für das frühe 3. Jahrtausend v. Chr. nicht a priori erwarten, Schlacken oder andere Reste von pyrometallurgischen Prozessen bei einer Lagerstätte zu finden.

Obwohl ein Lagerstättensurvey, vor allem wenn er auf frühen Bergbau fokussiert, mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet ist, kann er doch wichtige Resultate für das Verständnis prähistorischer Austausch- und Versorgungsnetzwerke von mineralischen Rohstoffen liefern. In unserem Fall wurden der Survey und die nachfolgenden Analysen von Danilo Wolf<sup>730</sup> durchgeführt.

Im Lauf der Ausgrabungen konnten nur wenige Erzfragmente ohne Kontext geborgen werden. Dies waren vier oxidische Erzbruchstücke bzw. Gestein mit partieller Malachitvererzung, ein Bleiglanzfragment und ein Eisenoxidklumpen (Tab. 12). Diese wurden mit den im Rahmen des Lagerstättensurveys gesammelten Erzen verglichen. Das Surveygebiet<sup>731</sup> erstreckte sich über das weitere Umland des Tells, wobei vor allem im Landesinneren entlang des Flusslaufes des Küçük Menderes, aber auch abseits davon Erzlagerstätten ausgemacht werden konnten. Folgt man dem Küçük Menderes ca. 20 bis 30 km flussaufwärts, so kommt man in eine Region, in der auch heute noch intensiv Bergbau betrieben wird. Hauptsächlich werden dort Bleierze abgebaut, aber es wird auch moderner Goldbergbau betrieben, bei dem das Gold aus seinem Trägermineral, dem Arsenopyrit, gewonnen wird. In diesem Lagerstättendistrikt finden sich in ca. 3 km Entfernung voneinander die beiden Arsenopyritlagerstätten von Zeytinlik und Kemer. Die gesammelten Erze wurden von D. Wolf im Rahmen seiner Dissertation<sup>732</sup> bearbeitet, sodass im Folgenden nur auf die für die Metallurgie wichtigen Schlussfolgerungen eingegangen wird. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Lagerstätteninventar Zinkvorkommen (Sphalerit), Zink-/Bleivorvorkommen (Sphalerit/Galenit), Gold führende Arsenopyritlagerstätten sowie die Goldlagerstätte von Efemçukuru umfasst.<sup>733</sup> Die detaillierte Analyse zeigt, dass manche dieser Lagerstätten<sup>734</sup> zwar nachgeordnet Kupfererze enthalten, deren Anteil aber nicht hoch genug sind, um nach Meinung von D. Wolf an den ausbeißenden Erzkörpern sekundäre Kupfermineralisationen zu bilden, die prähistorisch nutzbar gewesen wären.<sup>735</sup> Den Arsenopyritlagerstätten von Zeytinlik und Kemer spricht Wolf hingegen eine prähistorische Höflichkeit zu, während er dies für die Goldlagerstätte von Efemçukuru verneint.<sup>736</sup>

s. Pernicka et al. 1993; Pernicka et al. 1997; Radivojević et al. 2010; Yalçın – İpek 2011; Yalçın et al. 2011; Yalçın – İpek 2012.

<sup>727</sup> Pernicka et al. 1984, 572.

<sup>728</sup> Yalçın 2000a, 25.

<sup>729</sup> Yalçın 2000a, 25–26.

<sup>730</sup> Akçay 2003, 673–675; Akiska et al. 2008, 3–6; Wolf et al. 2012; Wolf 2017.

<sup>731</sup> Wolf 2017, 90, Abb. 11.1; 96, Abb. 14.1.

<sup>732</sup> Der Verfasser möchte sich bei D. Wolf für die Weitergabe der Daten und die sehr gute Zusammenarbeit bedanken. Vgl. Wolf et al. 2012; Wolf 2017.

<sup>733</sup> Wolf 2017, 117.

<sup>734</sup> Wolf 2017, Anhang A05–A1.

<sup>735</sup> Wolf 2017, 117.

<sup>736</sup> Wolf 2017, 113, 117–118.

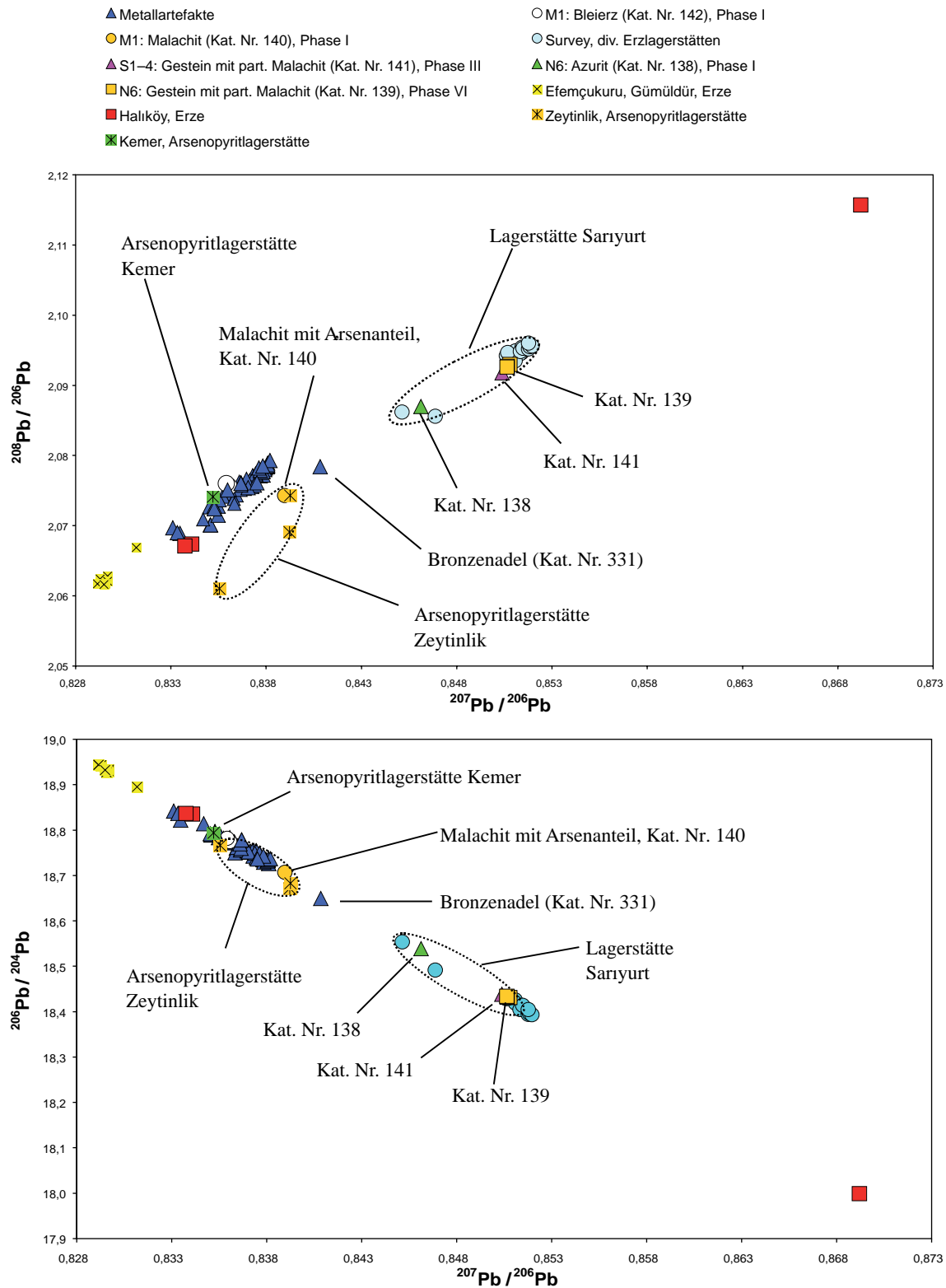


Abb. 57 Die Diagramme repräsentieren eine Kombination aller gefundenen Metalle (blaue Dreiecke) und Erze mit den im weiteren Umfeld des Tells prospektierten Lagerstätten. Die Ellipse umfasst die isotopische Ausdehnung der Lagerstätten Zeytinlik und Saryurt. Die mittlere Standardabweichung der Objekte vom Çukuriçi Höyük ist kleiner als die dargestellten Symbole (Daten: Wolf 2017, Anhang A05-A2-A3; Zusammenstellung: M. Mehofer, VIAS)

## VI.6.1. Kupfererze

Aus ungestörten Kontexten der spätchalkolithischen Phase ÇuHö VI und der frühbronzezeitlichen Phase ÇuHö III stammen die Gesteine mit partieller Malachitvererzung Kat. Nr. 139 und 141, deren dominierende Mineralien Malachit und Azurit sind. Nachgeordnet finden sich Covellin sowie weitere in ihrer Zusammensetzung stark veränderliche Minerale, die Cu, As, Pb und Zn enthalten.<sup>737</sup> Ihre  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - und  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Bleiisotopenverhältnisse liegen über 0,85038 bzw. 2,0918 und sind damit weit höher als die Maximalwerte der Artefakte vom Çukuriçi Höyük (Abb. 57 und 59).<sup>738</sup> Sie können deshalb nicht als Ausgangserze für das während des Spätchalkolithikums oder der Frühbronzezeit verwendete Arsenkupfer gedient haben. Dennoch liefern sie den Beweis dafür, dass Kupfererze während des Spätchalkolithikums und der Frühbronzezeit gesammelt und auf den Siedlungshügel gebracht wurden. Der Überlegung, dass diese Erzfragmente von größerer Entfernung – z. B. über das Meer – eingehandelt worden wären, kann die Beobachtung entgegengestellt werden, dass ihre Bleiisotopenverhältnisse gut mit denen der Lagerstätte von Sariyurt<sup>739</sup> korrelieren.

In das von den beprobten Lagerstätten<sup>740</sup> umschriebene Isotopenfeld fallen nun z. B. die Werte der Kat. Nr. 138. Dieses kleine Azuritfragment kommt jedoch aus gestörten Oberflächenschichten des Schnittes N6, sodass wir keine gesicherten Aussagen zu seiner ursprünglichen chronologischen Einordnung und seiner ursprünglichen Funktion (z. B. als Farbstoff) sagen können. Seine isotopische Nähe zu der Lagerstätte Sariyurt<sup>741</sup> veranlasst – entsprechend den Kat. Nr. 139 und 141 – zu der Überlegung, dass Lagerstätten, die nach modernen geologischen und mineralogischen Maßstäben nicht als Kupferlagerstätten eingestuft werden würden, in ihren oberflächennahen Oxidationszonen auch hochkupferhaltige Sekundärerze gebildet haben könnten.

Dass es solche oxidisch-karbonatischen Kupfererze im weiteren Umfeld des Siedlungshügels auch gegeben haben könnte, zeigen die Kupfererzfragmente Kat. Nr. 138 (Abb. 59) und Kat. Nr. 140. Letzteres kam in gestörten Oberflächenschichten des Schnittes M1 zutage. Es enthält, wie die Neutronenaktivierungsanalysen zeigen, 26,6% Kupfer und weist eine Arsenkonzentration

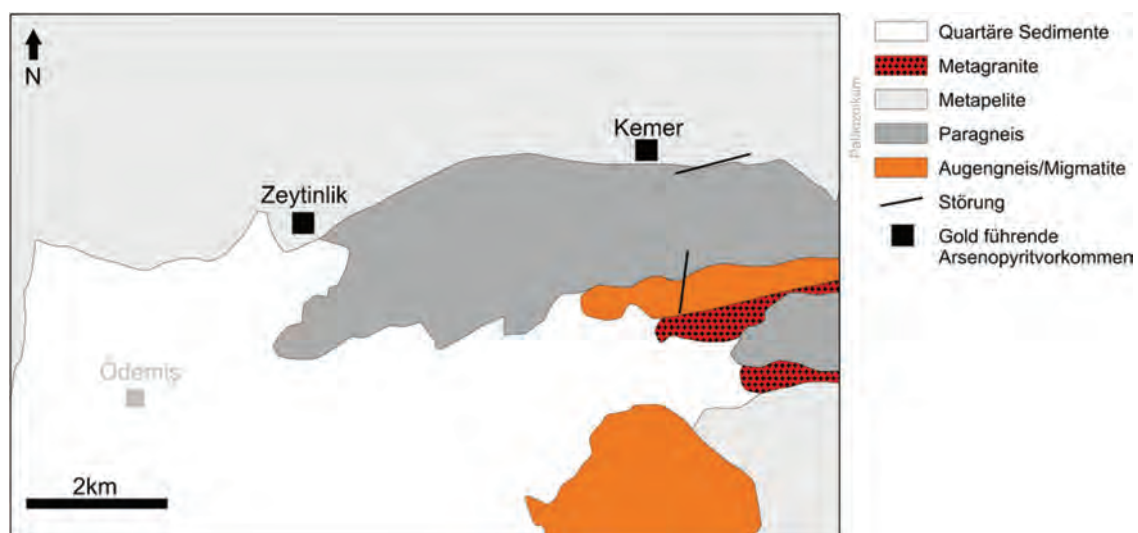


Abb. 58 Lage der Arsenopyritlagerstätten Zeytinlik und Kemer (nach Akiska 2008, 2, Abb. 1; Wolf 2017, 122, Abb. 14.2.1.)

<sup>737</sup> Wolf 2017, 124.

<sup>738</sup> Dies ist ein Meißel (Kat. Nr. 61) aus Schnitt M1 mit einem  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnis von 0,83019 und einem  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnis von 2,0793.

<sup>739</sup> Wolf et al. 2012; Wolf 2017.

<sup>740</sup> Wolf 2017, Anhang A05–A1–A3.

<sup>741</sup> Wolf 2017, 136, 139, Anhang A08.



Abb. 59 Kupfererzfragment aus Azurit, Kat. Nr. 138 (nach Wolf 2017, 122, Abb. 16.2.1)

von 0,146% auf. Man könnte kritisch anmerken, dass dieses oxidische Kupfererzstück eine sehr geringe Arsenkonzentration aufweist und da auch die Kupferkonzentration um mehr als die Hälfte unter dem möglichen Kupfergehalt von Malachit liegt, ist es unwahrscheinlich, dass daraus Arsenkupfer erzeugt worden ist. Dem können wir entgegenhalten, dass es sich dabei u. U. um ein Erzstück handelt, das zusammen mit anderen – kupferreicheren – Erzbrocken von der Lagerstätte mitgenommen worden war und erst auf dem Tell aussortiert wurde. Als Ausschuss ist es liegen geblieben, während die kupfer- und arsenreichen Erzstücke weiterverarbeitet wurden und dadurch nicht mehr aufzufinden sind.<sup>742</sup>

Interessant wird die beobachtete Arsenkonzentration in Kombination mit den Bleiisotopenverhältnissen (Abb. 56–57), da sie in den Diagrammen im Umfeld einer Erzprobe aus der Arsenopyritlagerstätte von Zeytinlik liegt (Abb. 36).<sup>743</sup> Danilo Wolf hält es aufgrund der mikroskopischen und geochemischen Untersuchungen der Arsenopyritlagerstätten nicht für möglich, dass dieses Kupfererz mit der Arsenopyritlagerstätte von Zeytinlik in Verbindung gebracht

wird.<sup>744</sup> Eine Erklärung für die ähnliche Bleiisotopensignatur könnte sein, dass dieses Kupfererz ebenfalls aus einer westanatolischen Lagerstätte stammt, die eine ähnliche Bleiisotopensignatur wie das Ausgangserz der Arsenkupferartefakte hat.

Eine Arsenopyritprobe aus Kemer<sup>745</sup> hat mit  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - und  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Verhältnissen von 0,83521 bzw. 2,0741 eine relative gute isotopische Nähe zu den Metallfunden vom Çukuriçi Höyük (Abb. 56). Diese Werte führen zu der Überlegung, ob zumindest das bei der Produktion des Kupferstein-Speise-Fragments<sup>746</sup> involvierte Eisenarsenid aus dieser Lagerstätte stammen könnte.

#### VI.6.2. Das Galeniterzfragment

In den vorhergehenden Kapiteln wurden das Bleifragment, die Tiegelfragmente mit hohem Bleianteil in den Innenflächen und das Bleiglanzfragment<sup>747</sup> mehrfach angesprochen. Diese Funde beweisen, dass Blei zum Spektrum der auf dem Siedlungshügel verarbeiteten Metalle gehörte und detaillierte Kenntnisse hinsichtlich seiner Herstellung und Materialeigenschaften vorhanden waren (Tab. 11). Blei dient nicht nur als zusätzliches Legierungselement für Kupfer, sondern es kann aus ihm auch durch entsprechende Verfahren Silber gewonnen werden. Der Fund eines Bleiglanzfragments gewinnt nun vor allem dadurch an Bedeutung, dass man untersuchen kann, ob es mit den bleihaltigen Arsenkupfergegenständen, dem Bleifragment Kat. Nr. 137 und auch dem Silberobjekt analytisch in Beziehung steht.

<sup>742</sup> Ähnliches wird für Erze von der Fundstelle Shar-i-Sokhta überlegt, s. Hauptmann et al. 2003, 199, Tab. 1; 203.

<sup>743</sup> Dies ist die Erzprobe MA-132117 = ZT-10L. Vgl. Akçay 2003, 673–675; Akıska et al. 2008, 3–6; Wolf 2017.

<sup>744</sup> Wolf 2017, 140.

<sup>745</sup> Probenbezeichnung: KM-1L, MA-132114. Der Verfasser möchte sich bei D. Wolf für die zur Verfügung gestellten Daten bedanken. Vgl. Akçay 2003, 673–675; Akıska et al. 2008, 3–6.

<sup>746</sup> Kat. Nr. 220.

<sup>747</sup> Vgl. Kapitel IV.1.5.2 Galeniterzfragment. Vgl. Wolf 2017, 121, Tab. A07–B.

Als eine der wichtigsten Schlussfolgerungen kann man anführen, dass zwischen dem Bleiglanzfragment Kat. Nr. 142, den bleihaltigen Kupfereinschlüssen aus dem Tiegelfragment Kat. Nr. 185 und dem Dolchfragment Kat. Nr. 46 ein relativ gutes bleiisotopisches Nahverhältnis besteht, sodass sie aus analytischer Sicht unter Umständen miteinander verbunden werden könnten (Abb. 56). Dies lässt überlegen, ob das Blei in den Metalleinschlüssen des Tiegels und in dem Dolchfragment wahrscheinlich aus derselben Quelle wie das Bleiglanzfragment Kat. Nr. 142 stammt. Die eventuell gegen diese Schlussfolgerung vorzubringende Beobachtung, dass die Isotopenverhältnisse des Bleiglanzfragmentes<sup>748</sup> im  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - zu  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Diagramm nicht exakt mit denen der Arsenkupfereinschlüsse des Tiegels und des Dolchfragments übereinstimmen, könnte dadurch entkräftet werden, dass auch mit einem Eintrag an Blei aus dem Kupfer, dem Arsen und dem Tiegelmateriale selbst gerechnet werden muss, der so zu geringfügigen Veränderungen in den Bleiisotopenverhältnissen führen kann. Der enge Zusammenhang zwischen diesen Objekten wird auch im  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - zu  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ -Diagramm deutlich, wo das Tiegelfragment Kat. Nr. 185 sogar zwischen den beiden analysierten Proben desselben Bleiglanzfragmentes Kat. Nr. 142 positioniert ist.

Für die restlichen Proben und können leider keine solchen Übereinstimmungen beobachtet werden. Sie weisen alle Bleiisotopenverhältnisse auf, die innerhalb der von den Arsenkupfergegenständen umschriebenen isotopischen Ausdehnung liegen, aber das ist, wie in den folgenden Kapiteln gezeigt werden wird, auch bei vielen Objekten aus anderen westanatolischen Fundorten der Fall.

Die Frage, aus welcher Lagerstätte oder Bergbauregion das verwendete Blei, das Bleiglanzfragment oder das Metall des Silberohrings kommt, muss derzeit unbeantwortet bleiben. Zwar finden sich in der unmittelbaren Umgebung des Çukuriçi Höyük zahlreiche Lagerstätten,<sup>749</sup> deren dominierendes Mineral Bleiglanz ist, doch stimmen deren Bleiisotopenverhältnisse nicht mit denen der Blei- und Silberfunde oder des Erzes (Abb. 56) überein. Die untersuchten Erzlagerstätten weisen, obwohl sie aus einem relativ begrenzten Surveygebiet stammen, per se große Unterschiede in den Isotopenverhältnissen auf. Dies betrifft sowohl die Werte innerhalb einer einzigen Lagerstätte als auch die der Lagerstätten im Vergleich zueinander. Diese Abweichungen lassen sich durch die verschiedenen Erztypen und ihre Genese erklären. Es muss aber auch in Betracht gezogen werden, dass einige der Lagerstätten radiogenes Blei<sup>750</sup> enthalten könnten. Augenscheinlich wird diese Bandbreite bei der Betrachtung der Isotopenverhältnisse der Lagerstätten von Saryurt und Zeytinlik. Die Isotopenverhältnisse der letztgenannten Lagerstätte liegen im  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - zu  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -Diagramm deutlich unter denen der Metallartefakte, während die Werte der Lagerstätten von Saryurt signifikant höhere Bleiisotopenverhältnisse als die der frühbronzezeitlichen Arsenkupfergegenstände und Bleifunde haben (Abb. 57).

Somit müssen wir feststellen, dass es zwischen den Blei- und Silberobjekten einerseits und den untersuchten bleihaltigen Lagerstätten andererseits derzeit keine direkten Übereinstimmungen gibt und die Stücke nicht aus den beprobten Lagerstätten stammen. Es muss allerdings erwähnt werden, dass, wie der Verfasser als Teilnehmer der Surveys<sup>751</sup> bestätigen kann, im Untersuchungsgebiet noch einige weitere Erzlagerstätten bekannt sind bzw. vermutet werden können. Ihre Untersuchung war nicht immer möglich, da sie zwar in der Literatur erwähnt werden, aber vor Ort nicht mehr gefunden werden konnten – etwa weil sie schon ausgeerzt waren. Abschließend kann aber festgestellt werden, dass Erze in prähistorischer Zeit gezielt prospektiert, gesammelt und auf den Tell zur Verarbeitung gebracht wurden.

<sup>748</sup> Die Resultate der Bleiisotopenanalysen an einer zweiten Probe werden im Rahmen der Dissertation von D. Wolf präsentiert. Die Entfernung der beiden Probenentnahmestellen zueinander beträgt ca. 1 cm, s. Wolf 2017, Anhang A05-A5.

<sup>749</sup> Akçay 2003, 673–675; Akiska et al. 2008, 3–6; Wolf 2017, 90, Abb. 11.1; 96, Abb. 14.1.

<sup>750</sup> Niederschlag et al. 2003.

<sup>751</sup> Wolf 2017.