

# Die Kupferzeitliche Metallurgie in Zambujal und im Südwesten der Iberischen Halbinsel

*Martin Bartelheim – Roland Gauß – Michael Kunst*

## 1. Einleitung

Die befestigte Siedlung von Zambujal (Torres Vedras, Distrikt Lissabon) liegt innerhalb einer der am besten untersuchten kupferzeitlichen Siedlungsagglomerationen der Iberischen Halbinsel. Aufgrund der vielen Metallobjekte und Produktionsabfälle des Metallhandwerks dort schlossen die Ausgräber Edward Sangmeister und Hermanfrid Schubart zunächst darauf, dass die Kupfermetallurgie für die kupferzeitliche Wirtschaft eine überragende Bedeutung besessen haben musste<sup>1</sup>, und brachten sie in Zusammenhang mit den Glockenbechern. Damals konnte man das Ausmaß und das wirtschaftlich-soziale Gewicht der zugehörigen metallurgischen Arbeitskette allerdings noch nicht ermessen; man kannte weder den Ursprung des Erzes, den Bergbau und die damit verbundenen Arbeitsabläufe, die Organisation der Produktion, die Verteilung der Endprodukte noch das Recycling. Um diese Fragen zu klären, wurde 2003 das Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) »Prähistorische Kupfermetallurgie in Zambujal (Portugal) – Von der Erzlagerstätte zum Fertigprodukt« ins Leben gerufen<sup>2</sup>. Es sollten mögliche Erzlagerstätten in Mittel- und Südportugal aus bergbauarchäologischer Sicht prospektiert werden und diese Lagerstätten mit Hilfe von geochemischen und isotopgeochemischen Methoden charakterisiert werden. Durch den Vergleich der Erzmerkmale mit denen der Kupferartefakte sollte die Herkunft des Kupfers aus Zambujal bestimmt werden. Zusätzlich sollte die Analyse der metallurgischen Befunde der Siedlung eine Rekonstruktion der technischen Abläufe in Bergbau und Produktion ermöglichen.

Verschiedene spezifische Ziele wurden formuliert:

- a. Im Mittelpunkt der Forschungen standen die bergbauarchäologische Prospektion und der Aufbau einer Sammlung von Kupfererzproben, die Dokumentation

prähistorischer Bergbaus Spuren sowie die mineralogische und geochemische Charakterisierung der Kupfererzvorkommen Mittel- und Südportugals, soweit sie möglicherweise in prähistorischer Zeit abgebaut worden sind. Die geologischen und geographischen Voraussetzungen führten zur Definition von vier Prospektionsarealen: I. die Ossa Morena Zone (Alto und Baixo Alentejo), II. der Iberische Pyrit-Gürtel (Baixo Alentejo), III. die Algarve und IV. die portugiesische Estremadura. Die gesammelten Erzproben sollten jeweils auf ihre mineralogischen Inhaltsstoffe, die chemische Zusammensetzung und die Bleiisotopenverhältnisse untersucht werden. Spurenelement- und Isotopenverhältnisse, die sich in den metallurgischen Prozessen nicht ändern, eignen sich besonders gut für die Herkunftsbestimmung.

- b. Die Ergebnisse sollten dann mit denen der Bleiisotopenanalysen des metallurgischen Abfalls und der Kupferobjekte aus Zambujal und seiner Umgebung in der portugiesischen Estremadura verglichen werden. Chemische Analysen einiger dieser Funde wurden schon während des Projekts »Studien zu den Anfängen der Metallurgie« sowie als eigene Vorbereitung zum DFG-Projekt durchgeführt. Der Vergleich dieser Daten würde es erlauben, die Kupfererzvorkommen zu identifizieren, aus denen das in Zambujal und in anderen Fundorten der portugiesischen Estremadura nachgewiesene Kupfer stammt.
- c. Die Untersuchung archäometallurgischer Überreste aus verschiedenen prähistorischen Siedlungen in der portugiesischen Estremadura sollte der Klärung der Herstellungstechniken dienen.
- d. Schließlich war geplant, alle Daten für die Rekonstruktion des gesamten Kupferabbau- und Herstellungsprozesses sowie der Verteilung der Endprodukte zusammenzustellen und zu analysieren.

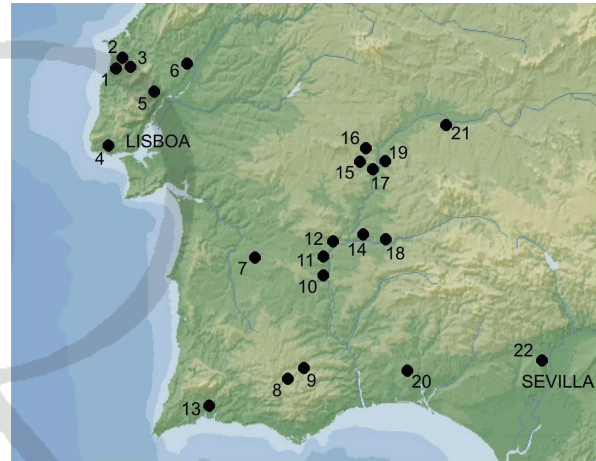
<sup>1</sup> Sangmeister 1965, 555–556; Sangmeister 1972, 192. 196–197. 199–200; Sangmeister 1995, 4; Sangmeister – Schubart 1981, 254–255.

<sup>2</sup> Referenznummer BA 2280/1-1, PA 368/8-1.

## 2. Der Siedlungskontext in Zambujal

Die Ausgrabungen Sangmeisters und Schubarts in Zambujal in den Jahren 1964 bis 1973 bedeuteten einen Meilenstein für die Erforschung der Kupferzeit auf der Iberischen Halbinsel<sup>3</sup>. In dieser Zeit wurden zwar auch andere große befestigte Siedlungen ausgegraben, besonders in Andalusien<sup>4</sup>. Dennoch ist die hervorragende Erhaltung Zambujals mit seinen heute noch bis zu 4 m hohen Mauern unter den gleichzeitigen Siedlungen einzigartig. Durch ihre Lage in einem heute agrarischen Gebiet, umgeben von Weingärten, blieb die Siedlung von modernen Bauvorhaben verschont. Zambujal mag nicht dieselbe politische Bedeutung gehabt haben wie die größte unter den vergleichbaren Siedlungen, Valencina de la Concepción am Rande des Guadalquivir-Tals, oder wie Leceia bei Lissabon im Ästuar des Tejo. Die gute Erhaltung macht Zambujal aber für archäologische Untersuchungen besonders wertvoll.

Die Ausgrabungen haben gezeigt, dass die Befestigungen von Zambujal in fünf Phasen konstruiert worden sind<sup>5</sup> und dass die strategische Konzeption der Verteidigung sich mit den Phasen änderte. Die Konstruktionsphasen 1 und 2 führten Keramik der frühen portugiesischen Kupferzeit, während die Phasen 3 und 4 zur Glockenbecherzeit gehören. Die Kalibration der <sup>14</sup>C-Daten hat bis jetzt eine absolute Chronologie zwischen dem 9. Jh. des 3. Jts. und der ersten Hälfte des 2. Jts. v. Chr. ergeben<sup>6</sup>. Relativ wenig ist bisher über die Strukturen zwischen den großen Mauern bekannt, wo die Menschen siedelten<sup>7</sup>. Abgesehen von Wohnarealen gab es auch leere



1 Verbreitung der im Text genannten Fundorte mit metallurgischen Funden und Befunden aus der Kupferzeit im Südwesten der Iberischen Halbinsel. Portugal: 1. Zambujal; 2. Fórnea; 3. Penedo; 4. Leceia; 5. Pedra do Ouro; 6. Vila Nova de São Pedro; 7. Porto Torrão; 8. Cerro do Castelo de Corte João Marques; 9. Santa Justa; 10. São Brás; 11. Três Moinhos; 12. Sala I; 13. Alcalar; 14. Porto Mourão; 15. Fonte Ferrenha; 16. São Pedro; 17. Perdiggões; 18. Castelo Velho de Safara; Spanien: 19. San Blas; 20. Cabezo Juré; 21. La Pijotilla; 22. Valencina de la Concepción.

Flächen. Kupferherstellung ist zwar auch für die meisten der anderen befestigten Siedlungen belegt (siehe Abschnitt 5. und Abb. 1), und man kann sogar sagen, dass dies für den ganzen Süden der Iberischen Halbinsel typisch ist. Nichtsdestoweniger zeichnen sich die Publikationen über Zambujal durch viele Analysen der Kupfermetallurgie des Platzes aus, die mit unterschiedlichen Methoden gewonnen wurden, ganz besonders die Analysen der Kupferfunde. Nicht zuletzt deswegen steht Zambujal immer noch im Fokus der Kupferzeitforschung auf der Iberischen Halbinsel und besonders in Portugal.

## 3. Das Siedlungsgebiet von Zambujal

Aus dem Hinterland von Zambujal sind zahlreiche kupferzeitliche Fundstellen (Siedlungen und Gräber) bekannt. Im Rahmen der Küstenforschung, einem von der Volkswagen-Stiftung finanzierten Forschungsprojekt, fanden 1986 geoarchäologische Untersuchungen im Tal des Sizandro statt. Der Nebenfluss des Sizandro, die Ribeira de Pedrulhos, hat das Tal unterhalb der Anhöhe

eingeschnitten, auf der Zambujal liegt. Zum Projekt gehörten sowohl die Prospektion der Siedlungstätigkeit im Hinterland von Zambujal als auch eine diachronische Untersuchung des gesamten Einzugsbereichs des Rio Sizandro<sup>8</sup>. Basierend auf den Ergebnissen dieses Projekts wurden dann auch bodenkundliche Forschungen im Tal der Ribeira de Pedrulhos unternommen. Sie er-

3 Sangmeister – Schubart 1981; Parreira 1985, 209.

4 Z. B. Márquez Romero – Jiménez Jáimez 2010; García Sanjuán et al. 2013; 2017; Aranda Jiménez et al. 2016.

5 Siehe Kunst in diesem Band.

6 Ebenda.

7 Sangmeister – Schubart 1981, 255–262.

8 Kunst – Trindade 1990.

möglichten auch Pollenanalysen<sup>9</sup>. Einerseits dienten diese Untersuchungen der Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte, andererseits konnten so auch Kupfermetallspuren in den prähistorischen Siedlungen entdeckt werden. Auf diese Weise gewann unser Bild der Siedlungs- und Landschaftsstruktur in der Kupferzeit immer mehr Genauigkeit und bildet nun eine feste Basis für die Einschätzung der Bedeutung der Metallurgie für die kupferzeitliche Gesellschaft.

Gerd Goldenberg und Alexander Maass untersuchten während ihrer Prospektionen in der Siedlungskammer von Zambujal das von Leonel Trindade entdeckte Kupfervorkommen von Matacães (Torres Vedras, Dis-

trikt Lissabon). Obwohl für die Prospektion nur ein Monat zur Verfügung stand, waren die Ergebnisse für eine Nutzung der Mine in prähistorischer Zeit vielversprechend. Weitere Untersuchungen konnten das allerdings nicht abschließend bestätigen. Alle bisherigen Forschungsvorhaben zu Zambujal haben aber gezeigt, dass die Bedeutung der Siedlung nur in einem interdisziplinären Projekt geklärt werden kann, in dem auch die damalige Umwelt rekonstruiert wird. Darüber hinaus müssen die Beziehungen Zambujals zu den prähistorischen Siedlungen in seinem Umfeld als auch die Versorgung mit verschiedenen Ressourcen unterschiedlicher Rohstoffe, vor allem aber mit Kupfer bedacht werden.

## 4. Metallurgie in Zambujal

### 4.1 Hintergründe zur Erforschung der Metallurgie

Die Entstehung und Entwicklung Zambujals und anderer kupferzeitlicher Siedlungen auf der Iberischen Halbinsel (z. B. Vila Nova de São Pedro (Azambuja, Santarém), Los Millares (Almería), Leceia (Oeiras), Penedo (Torres Vedras), Fórnea (Tores Vedras); siehe Abb. 1) sind im Laufe der Forschungsgeschichte eng mit der Kupfermetallurgie in Verbindung gebracht worden. Dies hängt einerseits mit der relativ hohen Zahl dort gefundener Kupferobjekte zusammen, die erstmals in der Geschichte der Halbinsel ab dem 3. Jt. in größeren Mengen auftreten. Zudem wurden Reste metallurgischer Produktion hier in fast allen kupferzeitlichen Siedlungen entdeckt. In einigen Fällen befinden sich die Siedlungen sogar in auffälliger Nähe zu Kupfererzlagern. Andererseits scheint es auf den ersten Blick offensichtlich, die intensivere wirtschaftliche Entwicklung, die Bevölkerungsexpansion und die soziale Differenzierung, die sich aus dem archäologischen Fundbild ablesen lassen, mit der Entstehung der Metallurgie in der Region aus technologischen und sozialen Gründen in Verbindung zu bringen: heute ist das allgemeine Verständnis, dass Metallurgie komplex ist, speziellen Wissens und Logistik bedarf und eine mehrteilige Wertschöpfungskette verlangt, die mehrere verschiedene Rohstoffe verbraucht. Metallurgie bringt in mehrerer Hinsicht eine neue Dimension des wirtschaftlichen Handelns in eine

Gesellschaft – eröffnet neue Freiheitsgrade der Interaktion. Da sie sich zum Beginn des 3. Jts. im Südwesten der Iberischen Halbinsel als Innovation erstmals durchsetzt und das faktisch gleichzeitig mit dem Bau großer Befestigungsanlagen, lag der Schluss zunächst nahe, dass Metallurgie und Befestigungsbau aus dem Ostmittelmeerraum durch Kolonisatoren importiert worden seien (zusammen mit hochwertiger Keramik und Schieferplattenidolen, siehe unten).

Bis zum Projektbeginn lagen jedoch kaum Untersuchungen zur Herstellung des Metalls und der Metallobjekte in Portugal vor, weshalb zur Komplexität der metallurgischen Prozesse, zur Herkunft der Rohstoffe und damit der wirtschaftlichen und sozialen Rolle der Metallurgie in Zambujal und darüber hinaus nur spekuliert werden konnte.

### 4.2 Zambujal und seine Metallfunde

Zambujal gehört zu den am besten erforschten großen befestigten Siedlungen der Kupferzeit auf der Iberischen Halbinsel. Es bietet durch seine detailliert dokumentierte Stratigraphie eine gute Möglichkeit, die Entwicklung der Metallurgie zumindest für die portugiesische Estremadura exemplarisch zu untersuchen. Bereits während der Ausgrabungen von 1964 bis 1973 wurden Metallproben

9 Dambeck et al. 2010.

von den dort gefundenen ca. 900 Kupferobjekten genommen und 363 davon spektralanalytisch untersucht<sup>10</sup>. Dies geschah im Rahmen des europaweiten, über 22.000 Metallanalysen umfassenden Projektes »Studien zu den Anfängen der Metallurgie« (SAM) des Württembergischen Landesmuseums Stuttgart. Hier wurden auch die Ergebnisse veröffentlicht und im Zusammenhang mit denen anderer kupferzeitlicher und frühbronzezeitlicher Plätze Portugals (weitere mehr als 700 Analysen) und der gesamten übrigen Iberischen Halbinsel ausgewertet<sup>11</sup>. Ziel war die Herausarbeitung von Materialgruppen anhand der Spurenelementsignaturen, womit sowohl diachrone regionaltypologische Entwicklungen als auch überregionale soziokulturelle Zusammenhänge untersucht werden sollten. Eines der wichtigsten Ergebnisse war die Beschreibung der Andersartigkeit der Legierungsentwicklung auf der Iberischen Halbinsel gegenüber großen Teilen Europas. Anhand der Spurenelementverteilung in chronologisch relevanten Leitformen der kupferzeitlichen und bronzezeitlichen Metallproduktion schlussfolgerte man, dass das Reinkupfer der Frühkupferzeit durch ein verstärktes Auftreten von Arsenkupfer verdrängt wurde, das auf der Iberischen Halbinsel bis in die Spätbronzezeit dominant blieb<sup>12</sup>. Die Herstellungstechnik und die Provenienz der Rohmaterialien konnten nicht geklärt werden, und die Deutung archäometallurgischer Funde und Befunde stand noch am Anfang.

Die ermittelten Materialgruppen zogen z. T. heftige Kritik auf sich, da die Autoren ihrer Zeit weit voraus waren und eine unabhängige Validierung der Ergebnisse kaum möglich war: weder gab es vergleichbare Messreihen in derselben Größenordnung noch konnten Computer und moderne statistische Mittel zum Einsatz kommen<sup>13</sup>. Die ebenfalls geäußerte Kritik an der Qualität der Analysendaten konnte inzwischen durch den Vergleich mit jüngeren Resultaten, die mit anderen Methoden erzielt wurden, entkräftet werden<sup>14</sup>. Ein systematischer Vergleich der SAM-Daten mit denen der beiden übrigen größeren analytischen Serien an frühen Kupferfunden von der Iberischen Halbinsel – denen des British Museum<sup>15</sup> und des Projekts »Arqueometalurgia de la Península Ibérica« des Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)<sup>16</sup> – steht noch aus. Die Analysenserie des hier besprochenen DFG-Projekts zur Metallurgie Zambujals konnte die Richtigkeit der SAM-Analysen bestätigen<sup>17</sup>.

Sangmeister widmete den insgesamt 871 Kupferfunden Zambujals eine eigene Studie<sup>18</sup>. Er stellte dabei fest, dass sich über die fünf Bauphasen Zambujals eine Kontinuität in der metallurgischen Produktion abzeichnete, deren Spuren sich in verschiedenen Teilbereichen der Siedlung finden lassen. Die regionalspezifische Auswertung der SAM-Daten zeigte, dass spurenelementarmes Arsenkupfer die gesamte Kupferzeit hindurch klar dominierte. In der Frühkupferzeit scheint Reinkupfer ebenfalls in größerer Menge verwendet worden zu sein, während in der Spätkupfer- und Frühbronzezeit Arsenkupfer mit Antimon, Silber und/oder Nickel vermehrt auftritt.

Funde oder Befunde zu Bergbau und Metallgewinnung konnten weder in Zambujal noch in der Umgebung identifiziert werden. Nach der Analyse einiger Schlacken vertrat Gerhard Sperl die Ansicht, dass in Zambujal keine Verhüttung von Kupfererzen stattgefunden habe<sup>19</sup>. Das Gefüge der Schlackenproben spiegelte eine nur gering reduzierende Atmosphäre in den Schmelzen wider, die auf einfachen Kupferguss hindeute. An vielen Stellen Zambujals traten Zeugnisse der Metallverarbeitung in Form von Gusstiegeln, Gusstropfen und als Gießplätze gedeutete Lehmringe zu Tage<sup>20</sup>. So wurde geschlussfolgert, dass in der Siedlung eine umfangreiche Weiterverarbeitung von Rohkupfer stattfand<sup>21</sup>, die die wirtschaftliche Grundlage der Siedlung als ein »Zentrum frühester Kupferproduktion«<sup>22</sup> darstellte.

#### 4.3 Fremder oder einheimischer Ursprung der Metallurgie?

Zambujal und andere Befestigungen wurden besonders in den 1960er und 1970er Jahren auf Grund von fremdartig wirkenden Elementen in ihrer Anlage, in ihrer Architektur, in den Bestattungsformen der nahebei gelegenen Nekropolen und in Teilen des archäologischen Fundgutes, für die Parallelen im östlichen Mittelmeerraum angeführt wurden, als Kolonien ostmediterraner Metallurgen gedeutet. Es wurde angenommen, dass diese »Fremden« vom Kupfererzreichtum des Südens und Westens der Iberischen Halbinsel angezogen worden

10 Sangmeister 1995, 37.

11 Junghans et al. 1968; 1974; Krause – Pernicka 1996.

12 Junghans et al 1968, 127.

13 Siehe dazu die Diskussion in Pernicka 1984; 1990.

14 Siehe Ottaway 1982; Pernicka 1984; 1987; 1990.

15 Harrison – Craddock 1981.

16 Rovira et al. 1997.

17 Siehe Müller – Pernicka 2009; Gauß 2013.

18 Sangmeister 1995.

19 Sperl 1981.

20 Sangmeister 1995, 32–35.

21 Ebenda.

22 Sangmeister – Schubart 1981, 252.



waren. Sie sollten dort die Kupfererzressourcen ausgebeutet haben, die die einheimische Bevölkerung, aufgrund ihres niedrigeren kulturellen und technologischen Entwicklungsstandes, nicht in der Lage war, zu nutzen. Aus ihren küstennah und isoliert liegenden Siedlungen wäre das fertig ausgeschmolzene Kupfer dann in den ostmediterranen Raum verschifft worden<sup>23</sup>. Es war jedoch nicht klar, aus welchen Lagerstätten genau das Kupfer Zambujals gewonnen wurde. Es lagen keine belastbaren Hinweise auf Bergbau, Aufbereitung und Verhüttung im großen Maßstab vor. Spuren von Kupferverarbeitung konnten dokumentiert, aber nicht im Detail beschrieben bzw. gedeutet werden.

Im Zuge der Einführung von <sup>14</sup>C-Daten in weiten Teilen Europas und ihrer zunehmenden Kalibration im Verlauf der 1960er und 1970er Jahre wurde vor allem durch die Arbeiten Colin Renfrews deutlich, dass das zeitliche Primat vieler als Vorbilder für entsprechende Erscheinungen auf der Iberischen Halbinsel angesehene Befunde im ostmediterranen Raum nicht mehr bestand<sup>24</sup>. Damit war eine wesentliche Voraussetzung für die Annahme einer frühen Westkolonisation hinfällig. Darüber hinaus war es nicht gelungen, in einer signifikanten Menge echte Importfunde aus dem ostmediterranen Raum auf der Iberischen Halbinsel zu finden.

In den folgenden Jahrzehnten zeigte es sich außerdem durch Neufunde, dass die als Kolonien angesprochenen befestigten Siedlungen nicht so isoliert von ihrem kulturellen Umfeld dastanden, wie dies ursprünglich angenommen worden war<sup>25</sup>. Im Verlauf der 1980er Jahre wurden darüber hinaus in Portugal mit Leceia (Oeiras),

Santa Justa (Alcoutim) und Alcalar (Portimão), in Spanien mit Valencina de la Concepción (Sevilla), La Pijotilla (Badajoz), Albalate (Jaén), Los Alcores (Jaén) und später u. a. auch Marroquies Bajos (Jaén) und San Blas (Badajoz) weitere Siedlungen entdeckt, die ein ähnliches Aussehen und eine ähnliche Größe wie die bis dahin bekannten Befestigungen aufwiesen. Viele von ihnen lagen zudem im Hinterland der Küste und entsprachen nicht zuletzt dadurch nun nicht mehr den Kriterien, die zur Identifikation der typischen Kolonien dienten: küstennahe Lage, Nähe zu Erzlagerstätten und starke Befestigungsanlagen<sup>26</sup>. Auch wenn derzeit eine ostmediterrane Herkunft der Bewohner jener befestigten Siedlungen nicht mehr diskutiert wird, bleibt ihre enge Verbindung zur Kupfermetallurgie auffällig.

Seit den 1980er Jahren wurden auch für die kupferzeitliche Metallurgie der Iberischen Halbinsel einheimische Charakteristika betont. So wurde z. B. argumentiert, dass es keine Anhaltspunkte dafür gäbe, dass die Metallurgie auf fremde Anregungen hin entstanden sei, sondern dass alle Entwicklungen in der Entstehungsgeschichte der Metallurgie auf der Iberischen Halbinsel am Übergang vom Neolithikum zur Kupferzeit lokalen Ursprungs gewesen seien<sup>27</sup>. Zur Unterstützung dieser Ansicht wurde insbesondere ein verschlacktes Keramikfragment (vermutlich eines Tiegels) aus den Schichten der spätneolithischen Siedlung vom Cerro Virtud (Almería, Spanien) angeführt; der Fundplatz liegt ganz in der Nähe der berühmten kupferzeitlichen Siedlung von Almizaraque (Almería, Spanien) und soll ins 5. Jt. v. Chr. datieren<sup>28</sup>.

## 5. Andere Fundplätze

In denselben Zeitabschnitt wie Zambujal gehören Vila Nova de São Pedro (Azambuja, Santarém), im Folgenden als VNSP abgekürzt, und Leceia als die anderen *loci tipici* der Kupferzeit der portugiesischen Estremadura. Vila Nova de São Pedro spielt forschungsgeschichtlich, d. h. nicht nur im Hinblick auf die Archäometallurgie, sondern auch auf die Kupferzeitforschung im Allgemeinen, eine wichtige Rolle. Dieser Fundort ist die erste be-

festigte kupferzeitliche Siedlung mit den charakteristischen halbkreisförmigen Türmen in Portugal, die in großem Umfang ausgegraben und publiziert wurde<sup>29</sup>. Bei diesen Ausgrabungen wurden viele vollständige Kupferobjekte (vorwiegend Griffzungendolche, Palmelaspitzen, Beile, Meißel und Pfrieme) sowie viereckige Tiegel mit Standfüßen, Gussreste, Blasrohrdüsenfragmente und 13,5 kg Kupfererze gefunden. Erste metallo-

23 Sangmeister 1960; 1975; Blance 1961; 1971; Almagro – Arribas 1963; Almagro 1966; Junghans et al. 1968; Savory 1968; Sangmeister – Schubart 1981.

24 Renfrew 1967; 1969, 1970; 1972a; 1972b; 1973.

25 Silva – Soares 1977, 261–267.

26 S. Martínez Navarrete 1998; Arteaga 2001; Kunst 2001; Márquez Romero – Jiménez Jáimez 2010; García Sanjuán et al. 2017.

27 Chapman 1990; Martín de la Cruz 1994; Montero Ruiz 1994.

28 Montero Ruiz – Ruiz Taboada 1996; Ruiz Taboada – Montero Ruiz 1999; Rovira 2002; Müller et al. 2004.

29 Do Paço – Jalhay 1939; Jalhay – do Paço 1945; do Paço – Sangmeister 1956; Savory 1972; Arnaud – Gonçalves 1990; 1995.

graphische und chemische Analysen dieser Metallobjekte und Schlackeanhaftungen an den Tiegeln fanden bereits in den 1950er Jahren statt<sup>30</sup>. Die Metallfunde und die metallurgischen Überreste von VNSP wurden im Rahmen unseres DFG-Forschungsprojekts neu untersucht<sup>31</sup>. Insgesamt wurde die Menge des am Fundort nachgewiesenen Kupfers auf 5–6 kg beziffert. Darüber hinaus wurden Schlacken und dünnwandige Tiegel, die höchstwahrscheinlich in Kupfergewinnungsprozessen verwendet worden waren, durch chemische und mineralogische Analysen identifiziert. Spurenelement- und Bleiisotopenanalysen weisen darauf hin, dass das Kupfer von VNSP aus den gleichen Quellen stammt wie das Kupfer von Zambujal.

Ausgrabungen in Leceia wurden ab den 1980er Jahren durchgeführt. Bemerkenswerterweise wurden deutlich weniger Kupferfunde als in VNSP und nur ein Gusstiegelfragment aus Horizonten der mittleren und jüngeren Kupferzeit geborgen<sup>32</sup>. Die Materialzusammensetzung eines großen Teils der insgesamt 130 Kupferproben (Artefakte, Gussreste und Gussbrocken) wurde mittels Neutronenaktivierungsanalysen (NAA) analysiert<sup>33</sup>. Das DFG-Metallurgieprojekt quantifizierte die am Fundort gefundenen Kupfermengen, die weniger als ein Kilogramm betragen. Schlacken wurden nicht identifiziert. Spurenelement- und Bleiisotopenanalysen deuten darauf hin, dass auch das Metall von Leceia aus den gleichen geologischen Quellen stammt wie das Kupfer aus Zambujal.

Aus den Analysen des SAM-Projekts oder anderer Analysenserien wurden keine schlüssigen Ergebnisse hinsichtlich der Produktion von Rohkupfer und Kupfergegenständen oder der Herkunft der Rohstoffe in der portugiesischen Kupferzeit gewonnen. Darüber hinaus wurden die archäometallurgischen Funde weder systematisch identifiziert noch vollständig analysiert. Eine Ausnahme bilden die vergleichenden chemischen Analysen von Kupfererzen und Endprodukten, die von Maria da Luz Ferreira de Oliveira und João Xavier Matos im Zuge montanarchäologischer Untersuchungen im Süden des Landes durchgeführt wurden<sup>34</sup>, sowie einige punktuelle Analysen zur Herstellung von Fertigobjekten<sup>35</sup>. Diese Forschungslücke ist insofern bemerkenswert, da der Archäologe Sebastião Philippes Martins Estácio da Veiga Ende des 19. Jahrhunderts die Kupferobjekte aus den Megalithbauten der Algarve nicht nur als antiquari-

sches Material behandelte, sondern sich schon damals auch für die Materialanalytik interessierte<sup>36</sup>. Er beschäftigte sich darüber hinaus mit den Überresten der Metallproduktion und der Erze aus kupferzeitlichen Kontexten, die chemisch analysiert wurden, so wie es die Brüder Luis und Henri Siret für die südostspanische Kupferzeit taten<sup>37</sup>. Estácio da Veiga wies außerdem darauf hin, dass die frühesten portugiesischen Metallfunde aus Siedlungskontexten stammten, die noch in lokalen neolithischen Traditionen verwurzelt waren<sup>38</sup>. Anders als die Sirets stellte er ein pauschales »Ex-Oriente-Lux-Modell« schon damals in Frage<sup>39</sup>. Im Übrigen wurde die archäometallurgische Forschung im Süden Portugals zunächst vor allem von Geologen und Bergbauingenieuren betrieben, wie dies für den gesamten Südwesten der Iberischen Halbinsel der Fall ist. Dies geschah insbesondere nach der Wiedereröffnung vieler alter Bergwerke ab der Mitte des 19. Jahrhunderts. Dabei traten vor allem römische Reste bergbaulicher und metallurgischer Tätigkeiten in den Eingangsbereichen der Bergwerke und ihrem Vorfeld zu Tage<sup>40</sup>. Prähistorische Bergbauaktivitäten sind dagegen wesentlich schwerer zu identifizieren als die römischen. Dies ist zum Teil darauf zurückzuführen, dass der prähistorische Bergbau wesentlich weniger Spuren hinterlässt, weil der Umfang der Arbeiten wesentlich viel kleiner war. Solche Überreste wären im Falle einer modernen (oder bereits römischen) Aufwältigung von Bergwerken rasch zerstört worden. Zudem sind prähistorische Erzabbau- und Verhüttungsreste oft schwer datierbar. Dies liegt daran, dass sich die Techniken damals nur sehr langsam entwickelten und uns daher nur wenige Hinweise für eine chronologische Einordnung vorliegen. Hinzu kommt, dass bergbaulich genutzte Gebiete oft weit entfernt von prähistorischen Siedlungskontexten liegen. Ihr spärliches Fundmaterial lässt sich kaum mit Hilfe von Siedlungs- und Gräber-Chronologien datieren, die nach wie vor die Grundlage für chronologische Klassifikationen bilden. Eine Übersicht über die Zeugnisse prähistorischer und antiker Montantätigkeiten auf der Iberischen Halbinsel bietet die Aufnahme durch Claude Domergue<sup>41</sup>.

Vor Beginn des Projekts waren mit Ausnahme von El Aramo und El Milagro, beide in Asturien, auf der Iberischen Halbinsel kaum kupferzeitliche Erzbergwerke bekannt<sup>42</sup>. Dagegen lagen von verschiedenen Standorten Hinweise auf die Verarbeitung von Erzen vor. In der

30 Do Paço 1955; Gauß 2015.

31 Müller – Soares 2008.

32 Cardoso 1997; Müller – Cardoso 2008.

33 Cardoso – Guerra 1997/98; Müller – Cardoso 2008.

34 Briard et al. 1998a; Briard et al. 1998b; Oliveira – Matos 2002.

35 Pereira, F. et al. 2013; 2017; Valério et al. 2017.

36 Estácio da Veiga 1889; 1891.

37 Siret – Siret 1890.

38 Estácio da Veiga 1889, 98–101, 117.

39 Estácio da Veiga 1889, 9–10; siehe auch Gauß 2015.

40 Domergue 1987.

41 Domergue 1987.

42 Blas 1998.

Kupferzeit wurden auf der Iberischen Halbinsel hauptsächlich oxidische Erze (im Wesentlichen Malachit-, Azurit-, aber auch Arsen-Kupfererze) verwendet. Dafür sprechen in Portugal vor allem Erzreste, die in Siedlungen wie Castelo Velho de Safara (Moura), Porto Mourão (Mourão), Porto Torrão (Ferreira do Alentejo) und Perdigões (Reguengos de Monsaraz) gesammelt wurden<sup>43</sup>. Für die Verhüttung sind bislang keine Öfen nachgewiesen. In einigen Siedlungen stieß man jedoch auf verschlackte Tiegelreste; neben den bereits erwähnten Siedlungen der portugiesischen Estremadura, zum Beispiel auch in Penedo (Torres Vedras)<sup>44</sup>, Pedra do Ouro (Alenquer)<sup>45</sup>, Santa Justa (Alcoutim)<sup>46</sup>, Cerro do Castelo de Corte João Marques (Loulé)<sup>47</sup>, Castelo Velho de Safara (Moura), Porto Mourão (Moura), Três Moinhos (Beja), Sala I (Vidigueira), São Brás (Serpa), Alcalar (Portimão), Perdigões (Reguengos de Monsaraz), Fonte Ferrenha (Redondo)<sup>48</sup>, São Pedro (Redondo)<sup>49</sup> und San Blas (Spanien)<sup>50</sup>. Es blieb jedoch die Frage, in welchem metallurgischen Verfahren diese Tiegel verwendet wurden. Das

DFG-Projekt identifizierte zwei Arten von Tiegeln: einen eher dickwandigen, weniger verglasten Typ, der dem Schmelzen und Gießen von Kupfer diente, und einen eher dünnwandigen, stark verglasten und verschlackten Tiegeltyp, der für die Kupferextraktion (Verhüttung) verwendet wurde. Bemerkenswerterweise unterscheidet sich die Metallurgie der portugiesischen Kupferzeit hinsichtlich der Tiegeltypologie von der in Andalusien und anderen Teilen der südlichen Iberischen Halbinsel, wo alle Arten von Haushaltskeramik zum Schmelzen und Gießen verwendet wurden. Diese Tatsache kann auf einen subtilen Unterschied in den metallurgischen Traditionen hinweisen.

Besonders hervorzuheben sind die Blasrohre, die an den Fundorten Vila Nova de São Pedro, Pedra do Ouro und Três Moinhos als solche identifiziert wurden, obwohl sie keine Schlackenanhäufungen aufweisen<sup>51</sup>. Blasrohre sind sehr selten in kupferzeitlichen Kontexten zu finden<sup>52</sup>.

## 6. Südspanien

In Südspanien wird die bergbauarchäologische und archäometallurgische Forschung vor allem seit den 1980er Jahren intensiver betrieben. Ergebnisse von dort lassen sich aufgrund der ähnlichen landschaftlichen und kulturellen Voraussetzungen auf den Süden Portugals übertragen.

Eine wichtige Initialfunktion für die intensive Forschung auf dem Gebiet der Montanarchäologie und der Archäometallurgie im Süden der Iberischen Halbinsel hatte das von Beno Rothenberg und Antonio Blanco Frejeiro geleitete »Huelva Archaeometallurgical Project«. Dabei stand vor allem die wichtige Montanregion im Hinterland der Hafenstadt Huelva unmittelbar an der portugiesischen Südostgrenze mit dem bis in jüngste

Zeit aktiven Produktionszentrum Riotinto im Blickpunkt des Interesses.

Im Zuge ihrer intensiven montanarchäologischen Untersuchungen dort konstatierten Rothenberg und Blanco Frejeiro, dass der (Kupfer-)Erzbergbau in jener Region bis in die Kupferzeit zurückreiche<sup>53</sup>. Dies schlossen sie einerseits aus dem Vorkommen von Rillenschlägeln, denen sie in Analogie zur Befundlage im israelischen Timna per se ein kupferzeitliches Alter zuwiesen. Die Vergesellschaftung dieser Rillenschlägel in der Mine von Chinflón (Huelva) mit Keramik, die als kupferzeitlich angesehen wurde, bestärkte sie in dieser Ansicht. Darüber hinaus sei die Nähe von Erzen und Megalithen auffällig, besonders im Falle von Chinflón. Das Auftre-

43 Soares et al. 1994, 167. 181; Lago et al. 1998; Gómez Ramos 1999; Hunt Ortiz 2003.

44 Spindler 1969, 105.

45 Leisner – Schubart 1966, Abb. 10; siehe auch Gómez Ramos 1999, 55.

46 Gonçalves 1989, 194. 278. 310.

47 Alarcão 1990, 174–175.

48 Gauß 2015; siehe auch Gauß et al. in diesem Band; weitere Literatur in Kunst 2013, 186–193; Tab 1 Nr. 85, 86, 88, 89, 90, 92; Morán 2018, 175–177.

49 Ebenda.

50 Gonçalves 1989; Alarcão 1990, 175; Soares et al. 1994; Lago et al. 1998; Gómez Ramos 1999, 54–55; Hunt Ortiz 2003, 296–299.

377; Hurtado 2004; Soares 2005; Müller – Soares 2008; Gauß 2015; siehe auch Gauß et al. in diesem Band.

51 Siehe die oben erwähnte Literatur zu metallurgischen Funden dieser Siedlungen. Vgl. mit der Diskussion in Gauß 2015.

52 Eine der wenigen Fundstellen, an denen sie in größeren Mengen gefunden wurden, ist Valencina de la Concepción, Sevilla, siehe Nocete et al. 2008. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass die in Cabezo Juré (Huelva) identifizierten Blasrohre jemals in einem metallurgischen Prozess verwendet wurden. Sie stellen vielmehr keramische Ständer dar, siehe Nocete et al. 1999a.

53 Rothenberg – Blanco Frejeiro 1981.

ten der Großsteingräber in der ansonsten kargen Landschaft führte sie zu der Annahme, dass die Erzressourcen die Ursache für eine kupferzeitliche Präsenz (Megalithgräber) dort waren. Damit ging in ihren Augen ein wichtiger Wandel in der Wirtschaft und der Bevölkerungsstruktur von einer rein viehzüchterisch-nomadischen Lebensweise zu einer sesshaften einher. Nach Thermolumineszenz-Datierungen und einer erneuten typologischen Untersuchung der in Chinflón gefundenen Keramik in den 1990er Jahren stellte sich jedoch heraus, dass die Anlage in die Endbronzezeit zu datieren ist<sup>54</sup>.

Nichtsdestoweniger ist kupferzeitliche Metallgewinnung und -verarbeitung in jener Region durchaus nachweisbar, allerdings bislang ohne einen sicher datierbaren Bergwerksbefund. So erbrachten die Grabungen in der nordwestlich von Huelva gelegenen Siedlung auf dem Cabezo Juré neben Zeugnissen der Metallverarbeitung Funde von Kupferschlacken, die auf die pyrotechnische Extraktion des Metalls aus Erzen hinweisen<sup>55</sup>. Die von den Ausgräbern vorgenommene Deutung einiger der dortigen Lehmringe und Gruben mit Erhitzungsspuren als Verhüttungsöfen konnte allerdings bislang noch nicht hinreichend untermauert werden. So sind keine charakteristischen Verschlackungsreste an den Wänden zu erkennen, und die als Öfen angesprochenen Strukturen sind für vorgeschichtliche pyrotechnische Reaktionsräume deutlich zu groß<sup>56</sup>. Die präsentierte Befundlage legt eher nahe, dass es sich um Gießplätze ähnlich denen in Zambujal sowie um Gru-

benöfen handelt, in denen Kupfererz in Tiegeln verhüttet wurde. In die gleiche Richtung dürften Befunde zu deuten sein, die in Valencina de la Concepción vor den Toren Sevillas ergraben wurden<sup>57</sup>. Diese Form der Verhüttung in Reaktionsgefäßen ist als einzige bislang sicher identifiziert und – besonders im Süden der Iberischen Halbinsel – inzwischen häufiger nachgewiesen worden<sup>58</sup>.

Die Anfänge der Metallurgie wurden in Spanien seit den 1990er Jahren durch das schon erwähnte Analysenprogramm des CSIC »Arqueometalurgia de la Península Ibérica«<sup>59</sup> untersucht, wobei der gesamte Fundbestand zur frühen Metallurgie in Regionalstudien präsentiert und ausgewertet wurde<sup>60</sup>. Ergänzt wurde dies durch die Vorlage und Diskussion der bis dahin publizierten prähistorischen metallurgischen Funde der Iberischen Halbinsel durch Pablo Gómez Ramos<sup>61</sup> und die detaillierte Dokumentation der archäometallurgischen Befundlage speziell für den iberischen Südwesten durch Mark A. Hunt Ortiz<sup>62</sup>, Moisés Rodríguez Bayona<sup>63</sup> und Manuel Eleazar Costa Caramé<sup>64</sup> (einschließlich unpublizierter Funde und Geländeforschungen). Deutlich wird in diesen Studien, dass es, trotz eines zuweilen recht guten Kenntnisstandes zur kupferzeitlichen Metallproduktion (z. B. in Andalusien, in der nördlichen Meseta oder in der Comunidad Valenciana), noch in keiner Region gelungen ist, die metallurgische Produktion und Distribution sowie ihre Organisation gänzlich oder annähernd vollständig zu rekonstruieren.

## 7. Die wichtigsten Ergebnisse der jüngsten archäometallurgischen Forschungen zum Kupfer von Zambujal

Auch wenn in den letzten Jahren auf dem Gebiet der Erforschung der Anfänge der Metallurgie punktuell viel Fortschritt erzielt worden ist – dies gilt vor allem für den Süden Spaniens<sup>65</sup> – so ist unser Kenntnisstand zur kupferzeitlichen Metallproduktion in weiten Teilen der Ibe-

rischen Halbinsel noch nicht sehr weit entwickelt; dies betrifft insbesondere Portugal.

Im Rahmen des DFG-Projekts »Prähistorische Kupfermetallurgie in Zambujal (Portugal) – von der Erzlagertstätte zum Fertigprodukt« wurde ein ganzheitlicher

54 Pérez Macías 1996, 157–158.

55 Nocete et al. 1999a; Nocete et al. 1999b; Saéz et al. 2001; Nocete 2004.

56 Bartelheim 2007, 357–360; Gauß 2013; Gauß 2015; siehe Rovira in diesem Band.

57 Nocete et al. 2007; Rodríguez Bayona 2008; Costa Caramé 2010; Costa Caramé 2013; siehe Rovira in diesem Band.

58 Rovira 2002; Müller et al. 2004.

59 Rovira et al. 1997, VII.

60 Rovira et al. 1997; Delibes de Castro – Montero Ruiz 1999.

61 Gómez Ramos 1999.

62 Hunt Ortiz 2003.

63 Rodríguez Bayona 2008.

64 Costa Caramé 2010.

65 Rodríguez Bayona 2008; Costa Caramé 2010; Murillo-Barroso – Montero Ruiz 2012; Gauß 2013; Kunst 2013; Rovira – Montero Ruiz 2013; Montero Ruiz – Murillo Barroso 2014; 2017; Murillo-Barroso et al. 2015; Orestes Vidigal et al. 2015.



Forschungsansatz verfolgt, um den Beginn der Innovation Kupfermetallurgie in Portugal aus dem Blickpunkt der Wirtschafts- und Sozialgeschichte beschreiben und verstehen zu können:

- a. *Herkunftsbestimmung*: Das Kupfer von Zambujal stammt aus der Ossa Morena Zone. Das lokale, kleinere Vorkommen von Matacães sowie die berühmten massiven Sulfidvorkommen des iberischen Pyritgürtels können als Hauptquellen für das Kupfer in Zambujal ausgeschlossen werden. Darauf deuten die Spurenelement- und Bleisotopenanalysen hin, bei denen Erze und Artefakte aus potenziellen Herkunftsregionen mit denen von Zambujal-Kupfer verglichen wurden, sowie die Mineralogie der (wenigen) Erze und Schlacken, die in einigen Siedlungen der portugiesischen Estremadura gefunden wurden. Darüber hinaus stammt auch Amphibolit – das harte Gesteinsmaterial, das in den Siedlungen der Estremadura in großen Mengen vorkommt – aus der Ossa Morena Zone. Die Artefakte und die Metallurgie von Zambujal wurden mit den Funden und Befunden aus Siedlungen der Ossa Morena Zone verglichen: Die Funde und Metallurgiereste dort ähneln denen von Zambujal.
- b. *Bergbau*: Zum ersten Mal können spezifische Orte identifiziert werden, an denen während der Kupferzeit Kupfererze abgebaut wurden<sup>66</sup>. Beispielsweise wurde in der Mine von Mocissos (Alandroal) eine kleine Grube unter meterhohem Abraum identifiziert, der im Laufe der mehrmaligen Aufwältigung der Mine abgelagert wurde. Die Grube, die über <sup>14</sup>C in das 3. Jt. v. Chr. datiert wurde, enthielt u. a. zwei geschliffene Amphibolitäxte und ein verschlacktes dünnwandiges Tiegelfragment, das fast identisch mit den Artefakten war, die in Zambujal und vielen anderen Siedlungen der portugiesischen Estremadura gefunden wurden. Obwohl dies eines der ältesten Zeugnisse für den Metallergbergbau auf der Iberischen Halbinsel ist, kann der Bergbau als solcher bis ins 6. Jt. v. Chr. auf der Halbinsel zurückverfolgt werden (vgl. Silexabbau in Casa Montero bei Madrid; Variszitbergbau in Gavà bei Barcelona<sup>67</sup>).
- c. *Extraktive Metallurgie*: Im Rahmen des Zambujal-Projektes ist es außerdem gelungen, die vorhandenen archäometallurgischen Reste Zambujals und vieler anderer kupferzeitlicher Fundplätze »komplett« aufzunehmen und Kriterien für eine systematische Unterscheidung zwischen Resten primärer und sekundärer Metallurgie aufzustellen<sup>68</sup>. In Zambujal wurden kleinere Mengen Kupfer höchstwahrscheinlich in Verhüttungstiegeln unter Verwendung von oxidischen und karbonatischen Erzen gewonnen. Ähnliche Hinweise besitzen wir aus Vila Nova de São Pedro. Das Verhütten in Tiegeln, d. h. der Hochtemperaturprozess der Umwandlung von Erz in Metall und Schlacke innerhalb von keramischen Behältern, ist ein gut dokumentierter Prozess in vielen kupferzeitlichen Siedlungen, insbesondere im Süden der Iberischen Halbinsel und in vielen Regionen des Mittelmeerraums im 4. und 3. Jt. v. Chr. Das Zambujal-Projekt identifizierte fast identische Metallurgiereste in der oben erwähnten zeitgenössischen Mine von Mocissos sowie in der kleinen befestigten Siedlung von São Pedro und in der Höhensiedlung von Fonte Ferrenha in der Nähe der heutigen Stadt Redondo<sup>69</sup>. Die frühesten Hinweise auf metallurgische Verhüttungsöfen auf der Iberischen Halbinsel stammen aus der Eisenzeit<sup>70</sup>. Die experimentellen Arbeiten von Erica Hanning<sup>71</sup> bestätigten die Idee der Tiegelverhüttung unter Verwendung von Kupferoxiderzen aus den identifizierten Quellen in der Ossa Morena Zone, von denen angenommen wird, dass sie in der Kupferzeit abgebaut wurden. Ihre Experimente ergaben nahezu identische metallurgische Überreste, wie sie in Zambujal und den anderen kupferzeitlichen Fundplätzen gefunden wurden.
- d. *Kupferverarbeitung*: Was die Metallurgie betrifft, so war die Kupferverarbeitung in Zambujal und den anderen Siedlungen der portugiesischen Estremadura eine weitaus dominantere Aktivität als die Verhüttung. Zu Beginn wurde Kupfer in offene Formen gegossen, geschnitten, geschliffen und poliert, um einfache Gegenstände wie flache Äxte, Ahlen und dünne Klingen herzustellen. Metallspezifische Objekte wie Sägen und langgestreckte Pfieme und Nadeln wurden ebenso entwickelt wie – im Glockenbecherkontext – standardisierte Griffzungendolche und Palmelaspitzen. Die während des Schmelzvorgangs »natürlich« entstandenen Arsenlegierungen wählte man zur Herstellung spezifischer Objekttypen gezielt aus. Basierend auf alten und neuen Spurenelementanalysen von Kupferartefakten wurde die Materialgruppenforschung der 1960er, 70er und 80er Jahre wieder aufgenommen und der Bezug zur Stratigraphie von

66 Müller et al. 2007; Müller – Cardoso 2008; Müller – Soares 2008; Gauß 2015; siehe auch Goldenberg – Hanning in diesem Band; Gauß – Mataloto – Calado in diesem Band; zum Vergleich mit dem Bergbau der Glockenbecherzeit in anderen Teilen Europas siehe Fitzpatrick 2019.

67 Consuegra Rodríguez et al. 2004; Díaz-del-Río et al. 2006; Borrell et al. 2015; Bosch et al. 1996; Villalba et al. 1986.

68 Gauß 2015.

69 Mataloto 2005.

70 Bartelheim 2007, 138.

71 Hanning et al. 2010 und Hanning – Goldenberg dieser Band.

Zambujal quantitativ hergestellt<sup>72</sup>. Arsenkupfer, das arm an Spurenelementen ist, dominiert die Kupferobjekte von Zambujal während der gesamten Nutzungszeit der Siedlung deutlich. Abgesehen davon wurden einige Objekte aus reinem Kupfer vor allem in Zusammenhängen der frühen Kupferzeit und Arsenkupfer mit Silber, Antimon und/oder Nickel vor allem in denen der späten Kupferzeit und der Frühbronzezeit gefunden.

Die experimentellen Arbeiten von Marcus Schreiner (dieser Band) haben gezeigt, dass die in Zambujal entdeckten Kupfertröpfchen und -brocken aus dem Schmelzen und Gießen von Kupfer in offene Sandformen stammten. Auffallend war, dass einige der Kupferbrocken eine Zwillingsmikrostruktur aufwiesen, was darauf hindeutet, dass diese Kupferstücke höchstwahrscheinlich gehämmert worden waren, bevor sie wieder eingeschmolzen wurden. Wäre dies der Fall, würden diese Kupferbrocken Überbleibsel eines Recyclingprozesses darstellen. Diese Beobachtung deckt sich gut mit der Tatsache, dass in der Tat viele fragmentierte Kupferobjekte gefunden wurden und dass viele von ihnen Schnittmarken aufweisen<sup>73</sup>.

Quanyu Wang und Barbara S. Ottaway (dieser Band) führten eine weitere systematische Studie zur Metallographie von Kupferartefakten aus Zambujal durch. Mit diesem Ansatz konnten sie Muster in den Arbeitszyklen zur Herstellung bestimmter Arten von Metallgegenständen identifizieren. Die meisten Pfeilspitzen wurden gegossen, kalt bearbeitet und wieder gegläht, was bedeutet, dass sie im weichen Zustand belassen wurden. Meißel hingegen wurden im letzten Arbeitsschritt meist kalt gehärtet, um eine harte Kante zu erzeugen.

- e. *Soziale Aspekte der Zambujal-Metallurgie und ihre wirtschaftlichen Auswirkungen*: Die Rekonstruktion

der metallurgischen Prozesse und die Identifizierung der geologischen Herkunftsregionen der Rohstoffe ermöglichen es, die Metallurgie als handwerkliche und soziale Tätigkeit besser zu verstehen und zu kontextualisieren. Das Metall gelangte über eine gut ausgebaute, spätneolithische Amphibolit-Handelsroute in die portugiesische Estremadura, d. h. höchstwahrscheinlich im Austausch gegen Waren aus dem Küstengebiet, darunter Gold, Silex und exotische Gegenstände wie Elfenbein, das aus Afrika stammt<sup>74</sup>. Zambujal – und das dichte Siedlungsnetz der Estremadura insgesamt – entstanden nicht wegen reicher Kupfervorkommen in der Nähe, sondern höchstwahrscheinlich wegen ihrer günstigen strategischen Lage, die sich im Bereich eines Flussmündungsgebietes und inmitten fruchtbaren Landes befindet. Die metallurgischen Prozesse waren nicht komplexer als andere Handwerkstätigkeiten der damaligen Zeit, einschließlich der Herstellung hochwertiger, polierter, dünnwandiger Keramikgefäße oder der Errichtung und Instandhaltung der komplexen Befestigungssysteme. Wie in vielen anderen kupferzeitlichen Siedlungen fand die Metallurgie im häuslichen Kontext statt. In Zambujal wurde keine spezifische Werkstatt gefunden, stattdessen aber in vielen Feuerstellen Metallurgiereste.

Die Befundlage in Zambujal bestätigt das allgemeine Bild der kupferzeitlichen Metallurgie auf der Iberischen Halbinsel: Die kleinmaßstäbliche, einfache Art der Kupfermetallurgie, die das 3. und 2. Jt. v. Chr. kennzeichnete, scheint dem enormen Reichtum an Metallerzvorkommen auf der Halbinsel zu widersprechen. Selbst Zinn ist reichlich vorhanden, aber echte Zinnbronzen sind bis in die Spätbronzezeit selten.

## Literatur

Die Bibliografie befindet sich in der englischen Version dieses Beitrages.

<sup>72</sup> Müller – Cardoso 2008; Müller – Pernicka 2009; Gauß 2015.

<sup>73</sup> Sangmeister 1995; Gauß 2015; siehe Schreiner und Wang – Ottaway in diesem Band.

<sup>74</sup> Schuhmacher 2016; 2017.