

## Antiker Silberrausch am Amselfeld

### Einführung

Nach mehreren Jahren punktueller Vorlauftforschung, zunächst mit den Kollegen der Römisch-Germanischen Kommission, wurden unsere Untersuchungen zum „Römischen Bergbau und der Metallproduktion nahe der antiken Stadt Ulpiana (Kosovo)“ von 2013 bis Ende 2020 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft

(DFG) gefördert.<sup>1</sup> Die Arbeiten erfolgten in enger Kooperation mit den Kollegen<sup>2</sup> vom Archäologischen Institut des Kosovo (Instituti Arkeologjik i Kosovës) und dem Museum des Kosovo (Museu i Kosovës) in Prishtinë/Priština.<sup>3</sup>

Am Anfang standen systematisch durchgeführte Surveys, die nicht nur zur Auffindung des mutmaßlichen Bergbaureviers führten, das die antike Stadt Ulpiana<sup>4</sup> mit Rohstoffen versorgt haben könnte, sondern darüber hinaus zur Entdeckung eines sich über weitere Bergbauphasen erstreckenden ausgedehnten Montanreviers mit zahlreichen Montanrelikten und weiteren Fundstellen, die zumindest zum Großteil ebenfalls einen Bezug zum Bergbau bzw. der Weiterverarbeitung der Erze aufweisen (Abb. 1).<sup>5</sup> Hierzu gehören die Aufbereitung der Erze, Verhüttungsplätze oder auch Bebauungsreste innerhalb der Montanlandschaft. Hunderte von Bergbaurelikten wurden erfasst, von denen eine Auswahl näher archäologisch untersucht wurde. Im Vorfeld wurden Dutzende Befunde zunächst mittels Geomagnetik<sup>6</sup> und/oder Geoelektrik sowie bei Bedarf zusätzlich mittels Bohrstocksondagen prospektiert, um gezielt Befunde für die Ausgrabungen auswählen zu können. Bereits diese Voruntersuchungen lieferten zahlreiche wesentliche Erkenntnisse, beispielsweise zur Form und Tiefe von Abbauschächten oder zu Vorkommen und Ausdehnung von Hochtemperaturbereichen an den zahlreichen Verhüttungsplätzen.<sup>7</sup>

Die Vielfalt an montanarchäologischen Relikten liefert eine Vielzahl an Ergebnissen hinsichtlich technischer Fragestellungen wie Abbau und Weiterverarbeitung inklusive der verwendeten Geräte und technischen Installationen. Als problematisch erwies sich das wiederholte Aufwältigen der Vererzungen bis in die heutige Zeit, einhergehend mit einer Überdeckung und auch Zerstörung von älteren Bergbau- und Verhüttungsrelikten. Vermutlich wurde dies noch durch umfangreichen Nachlesebergbau und lokale Fragmentierung des Haldenmaterials bis auf Sandkorngröße verstärkt. Wie in vergleichbaren Montanrevieren mit zuletzt großflächigem Tagebau ging natürlich sehr viel von der älteren Substanz verloren, sodass sich uns die Dimension der älteren Bergbauphasen nicht mehr vollumfänglich erschließt.

Anhand archäometallurgischer Analysen wurden die Erzvorkommen in den alten Bergbaurevieren von Shashkoc/Šaškovac und Janjevë/Janjevo und Novobërdë/Novo Brdo charakterisiert und der Verhüttungsprozess mitsamt chronologischen Änderun-

### *Ancient silver rush in the Kosovo field*

*During the Roman imperial period and Late Antiquity, the city of Ulpiana – administrative centre of the former Roman province of Moesia Superior – was located just a few kilometres from Prishtinë/Priština, the present-day capital of Kosovo. Apart from research dedicated to the city itself, the focus has increasingly shifted to its potential supply of mineral resources. The research departments of mining archaeology and archaeometallurgy at the Deutsches Bergbau-Museum Bochum (German Mining Museum) explored this question for more than a decade.*

*Extensive surveys led to the discovery of numerous sites linked to mining, processing and smelting of lead-silver ores. Geophysical investigations were performed in particular to support the characterisation of the shape of the remains in greater depth. Excavations were subsequently carried out at selected sites (galleries, shafts and smelting sites) to allow for a detailed investigation.*

*Archaeometallurgical analyses enabled to characterise the mineralisations in the ancient mining districts of Shashkoc/Šaškovac - Janjevë/Janjevo and Novobërdë/Novo Brdo in the hinterland of Ulpiana and to reconstruct the smelting process along with its chronological changes (e.g., raw material basis, process parameters and extracted metals). Furthermore, material streams within the metal production districts were retraced and information on Roman economic spheres within Kosovo and their supra-regional trade relations were gained.*

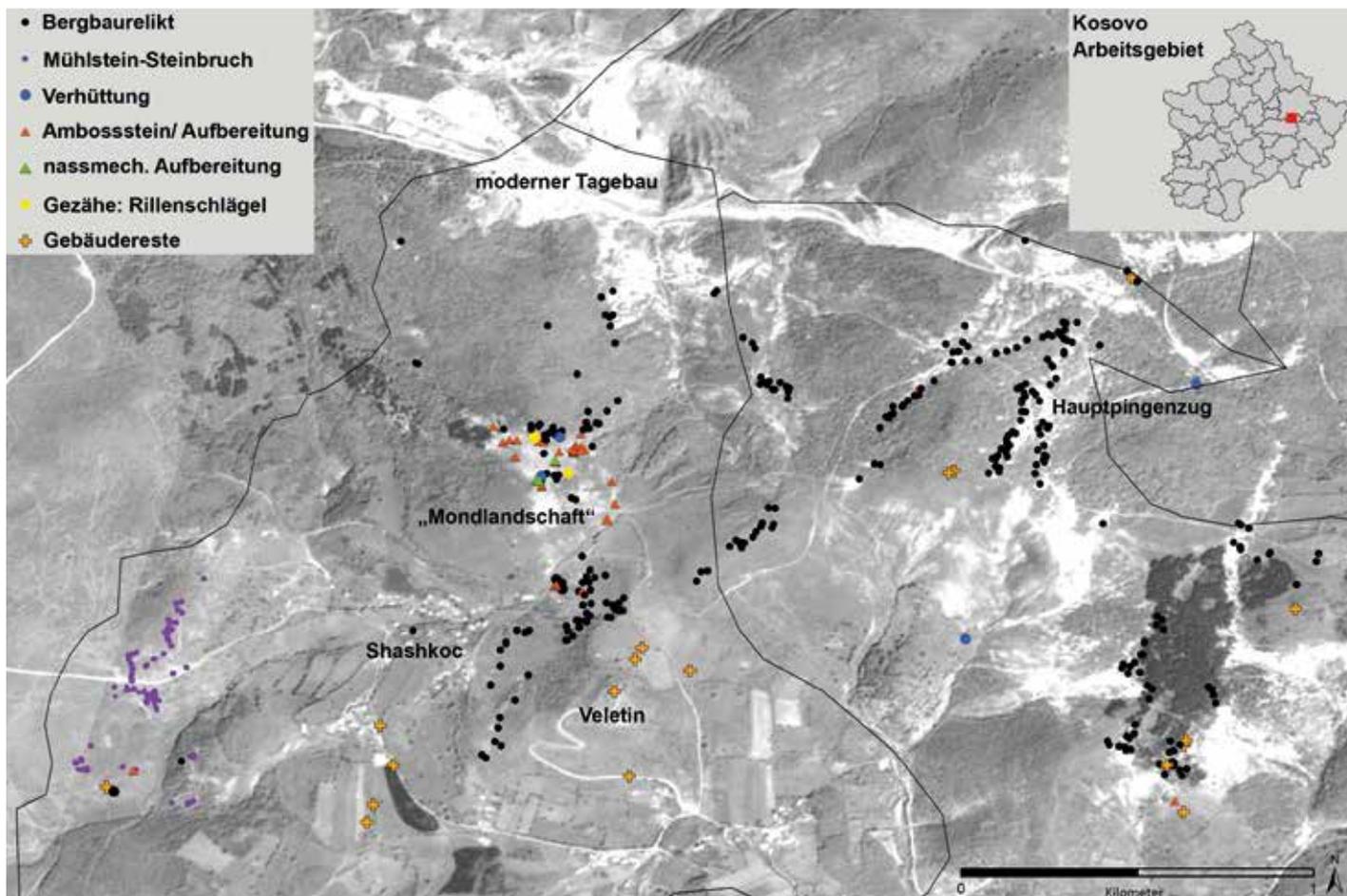


Abb. 1: Kartierung der unterschiedlichen Bergbaurelikte im Revier zwischen Shashkoc/Šaškovac und Janjev/Janjevo. (Bearbeitung: B. Sikorski, © DBM)

gen rekonstruiert (u. a. Rohstoffbasis, Prozessparameter und ausgebrachte Metalle). Darüber hinaus konnten Materialströme innerhalb der Metallproduktionsdistrikte nachvollzogen werden sowie Informationen über römische Wirtschaftsräume im Kosovo und deren überregionale Handelsbeziehungen gewonnen werden.

### Ausgangsfragen und Zielsetzung des Projekts, angewandte Methoden

Ausgangspunkt der Forschungen war eine Anfrage der bereits im Land tätigen Römisch-Germanischen Kommission (Friedrich Lüth und Felix Teichner) an das Deutsche Bergbau-Museum (DBM) für ein gemeinsames Forschungsvorhaben im Hinterland der römischen/spätantiken Stadt Ulpiana/Justiniana Secunda, um die Lücke zwischen einer intensiven Erforschung der Kernstadt und dem weitgehenden Fehlen von Informationen über das Hinterland zu schließen. Seit den Reisen von O. Davies in den 1930er Jahren<sup>8</sup> wurde von archäologischer Seite dem Bergbau und der Metallversorgung dieses wichtigen Ortes kaum Aufmerksamkeit geschenkt.<sup>9</sup> ltere Berichte zu geologischen Untersuchungen, teils verfasst vor Einsetzen des modernen Bergbaus, beschreiben und dokumentieren in kartographischer Form die angetroffenen Montanrelikte, vielfach mit Verweis auf die beeindruckenden Dimensionen des Altbergbaus und der Schlackenhaldden im Untersuchungsgebiet<sup>10</sup>. Weitere, eher historisch ori-

enterte Untersuchungen konzentrierten sich vor allem auf die mittelalterliche und ottomanische Periode; hier liegen für einzelne Reviere, vor allem Novobrd/Novo Brdo, Bergverordnungen vor, schriftliche Angaben zu Lieferungen oder auch Silberpreisen.<sup>11</sup> Seither hat sich durch massiven neuzeitlichen Bergbau (Minen von Hajvali/Ajvalia, Badovc/Badovac und Kishnic/Kinica) das Gesicht der Montanregion als Folge von intensiven Bergbauaktivitäten mit einem sehr stark in die Landschaft eingreifenden Tage- und Untertagebergbau, mit Industrieanlagen der Erzaufbereitung und riesigen Halden gravierend geändert, ohne jedoch umfangreiche Abbauspuren älterer Gewinnungsperioden an den Rändern völlig zu beseitigen. Hunderte von Schachtpingen und Stollen und die zugehörigen Abraumhalden sind noch erhalten geblieben.

Das DBM hatte die erstmalige Chance, montanarchologische Forschungen in diesem sehr bedeutenden Erzrevier zwischen Mitrovic/Kosovska Mitrovica und Novobrd/Novo Brdo zu unternehmen, wobei der Schwerpunkt der Untersuchungen sich zunächst auf das Hinterland von Ulpiana konzentrierte und später noch punktuell erweitert wurde. Die Ausgangsfrage nach Art und Umfang römischen Bergbaus im Hinterland von Ulpiana musste sehr schnell modifiziert werden und in einen diachronen Ansatz münden, da sich die Beschränkung auf nur einen zeitlichen Horizont als nicht praktikabel erwies. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass in dem Revier zu unterschiedlichen Zeiten bis in die Neuzeit hinein Abbau betrieben wurde, was zu einer starken Überlappung der Befunde führte.



Abb. 2: Janjevë/Janjevo-Shashkoc/Šaškovac: Blick von den Halden des Hauptpingenzugs auf die benachbarten Hügel. Die Pingin dienten als Sedimentfalle, oft stehen heute Bäume in den Schachttrichtern. Gut zu erkennen sind die hellen, vorgelagerten Haldenkörper. (© Foto: G. Körlin, DBM)

Um die Ausgangslage noch weiter zu komplizieren, waren alte Schlackenhalde in der Neuzeit großflächig abgefahren und der Wiederverwertung zugeführt worden, wodurch alte Spuren verwischt und Schichtabfolgen umgelagert wurden.<sup>12</sup> Das nachjustierte Ziel verlangte nach einer Bestandsaufnahme aller noch vorhandenen alten Bergbauzeiger zur Erfassung des zeitlichen und räumlichen Kontextes. Um das ältere zu finden, muss man wissen, wie das jüngere aussieht.

Als neues Ziel galt also, durch die Erforschung des Lagerstättenpotentials den Umfang und chronologischen Rahmen abzuschätzen, in dem es bergbauliche Aktivitäten im Umfeld von Ulpiana gab. Ein weiterer Teilaspekt war die Klärung der Möglichkeiten zur Versorgung der antiken Stadt Ulpiana mit mineralischen Rohstoffen. Die erste Zielvorgabe wurde mit der Kartierung aller oberflächlich sichtbaren Montanrelikte des Altbergbaus und der weiterführenden Arbeiten, also der Aufbereitung der Erze und ihrer Verhüttung, als Voraussetzung für weiterführende Forschungen abgeschlossen (Abb. 1).<sup>13</sup>

Ziel des archäometallurgischen Projektteiles war die Rekonstruktion der metallurgischen Prozesskette – Bergbau, Verhüttung und Erzeugung von metallischen (Halb-) Fertigprodukten – mittels analytischer Charakterisierung repräsentativer Proben von Erzen und metallurgischen (Bei-) Produkten (vornehmlich Schlacken) sowie Metallobjekten. Im Fokus stand die Rekonstruktion der Aufbereitungs- und Verhüttungstechniken und ihrer potenziellen zeitlichen Variationen. Bleisotopenanalysen an Erzen, metallur-

gischen (Bei-)Produkten und vornehmlich aus Ulpiana stammenden Metallartefakten erlaubten eine Rekonstruktion der Rohstoffversorgung der Verhüttungsplätze und erschlossen die (über)regionale Bedeutung der untersuchten Erzvorkommen.

### Die erste Förderphase

Während der ersten Förderphase 2013-2015 fanden drei sechswöchige Geländekampagnen statt. Sie wurden in enger Zusammenarbeit mit den kosovarischen Kollegen des Archäologischen Instituts des Kosovo und dem Museum des Kosovo durchgeführt. Diese stellten unter anderem wissenschaftliche Mitarbeiter und Arbeiter sowie ein oder bei Bedarf zwei Geländefahrzeuge zur Verfügung und unterstützten uns bei der Prospektions- und Grabungstätigkeit und bei der Kontaktaufnahme mit Grundstückseigentümern, Bergbaugesellschaften oder dem zuständigen Ministerium für Kultur und Jugend. Die enge Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern im Kosovo war für alle Seiten sehr gewinnbringend.

Die Arbeiten konzentrierten sich während der ersten Phase auf das Bergwerksareal zwischen Shashkoc/Šaškovac und Janjevë/Janjevo und angrenzenden Bezirken bis zum Hanroc/Androvac-Bach, wo bereits auf Luftbildern die alten Pingenzüge und Bergwerkshalden anhand verminderten Bewuchses deutlich in Erscheinung traten (Abb. 2). Die Geländebegehungen erbrach-

ten zahlreiche Beispiele obertätig sichtbarer Altbergbaurelikte in einem nahe Ulpiana gelegenen Bergbaurevier mit zahlreichen Schachtpingen und einigen Stollen samt Plätzen wohl der nassmechanischen Aufbereitung sowie den Nachweis von zahlreichen Verhüttungsplätzen im näheren und weiteren Umfeld. Es konnten umfangreiche Zeugnisse alten Bergbaus erfasst und dokumentiert und damit der Grundstein für umfangreiche Detailuntersuchungen inklusive zielgerichteter Grabungskampagnen gelegt werden.<sup>14</sup>

Es zeichnete sich eine weite Spanne ab, während derer in unterschiedlichem Umfang der Bergbau im Hinterland betrieben worden sein dürfte. Auf den Halden bei den Bergbau-Pingen fanden sich Rillenschlägel<sup>15</sup> aus der Bronzezeit sowie Keramiken von der Römerzeit und der Spätantike über das Mittelalter bis in ottomane Zeit.

### Die zweite Förderphase

Ab Januar 2017 schloss sich eine zweite Förderphase mit Geländeaufenthalten auch außerhalb des Reviers von Ulpiana vom 8. April bis zum 27. Mai 2017 sowie vom 24. März bis zum 12. Mai 2018 an. Letzte Geländebegehungen wurden im Frühjahr 2019 unternommen. Neben systematischen Untersuchungen in der Montanregion bei Ulpiana wurden auch begrenzte Surveys bei Trepçë/Trepča im Nordkosovo ebenso wie im Revier von Novobërdë/Novo Brdo durchgeführt. Wohl der Silber-Blei-Gewinnung zuzuordnende Verhüttungsüberreste aus einer dortigen hellenistischen Siedlung brachten zusätzliche Erkenntnisse zum Alter der Metallgewinnung im weiteren Umfeld ebenso wie die Beprobung von Bleiverzapfungen an römischen Säulen am Municipium DD im Nordkosovo.

Im Bergbauggebiet von Ulpiana wurden mittlerweile nahezu alle obertätig sichtbaren Abbauspuren in ihrer Position und ihrem Umfang durch Begehungen und GPS-Positionsbestimmungen genau erfasst. Das Revier erstreckt sich über ein Areal von ca. 12 Quadratkilometern und mehrere ausgedehnte Hügelzüge. Die bereits bei der ersten Förderphase ermittelten Datierungsansätze der umfangreichen Halden ließen sich bestätigen. Im untersuchten Areal überwiegen zwar die Relikte des Erzabbaus, aber auch die Überreste der Aufbereitung befinden sich im direkten Umfeld des Bergbaus sowie ein Steinbruch zur Mühlsteingewinnung (Abb. 3), dessen Produkte sich im Steinmaterial der Siedlung von Ulpiana wiederfinden. In dem etwa 500 × 250 m großen Steinbruchareal konnten 375 Negative von herausgestemmt Rohlingen oder nicht vollständig herausgearbeitete Rohlinge lokalisiert werden.<sup>16</sup>

Bei den Surveys konnten etwa 350 Pingen mit dem GPS eingemessen werden. Zahlenmäßig überwiegen (Schacht)Pingen mit ihren zugehörigen Halden. An der Oberfläche zeichnen sie sich als rund-ovale Eintiefungen mit Durchmessern zwischen 1,5 und 10 m ab. Die überwiegende Mehrheit liegt zwischen 3 und 6 m im Durchmesser, sowohl die kleineren (1,5-2 m) als auch die größeren (8-10 m) sind vergleichsweise selten. Vielfach sind sie in Reihen angeordnet, teils sogar in parallelen Pingenzügen, die mit den darunter verlaufenden Erzkörpern korrespondieren dürften.<sup>17</sup>

Besonders deutlich wird dies beim „Hauptpingenzug“, hier reihen sich Dutzende von Pingen an einer Südflanke eines Hügels auf, ein Teil am Oberhang, der andere gewissermaßen parallel dazu im mittleren Hangbereich (siehe Karte Abb. 1). Obwohl die-



Abb. 3: Shashkoc/Šaškovac: Aus dem anstehenden Andesit wurden Mühlsteine hergestellt. An einem Hang finden sich Hunderte von derartigen Negative. (© Foto: G. Körlin, DBM)



Abb. 4: Blick in den oberen Bereich von Schacht 31 bis in eine Tiefe von 3,8 m. Dieser erreichte bereits in einer Tiefe von 1,3 m den anstehenden Fels, bei 2,2 m Tiefe geht der Schachttrichter in den eigentlichen Schacht über. (© Foto: G. Körlin, DBM)

se „Reihung“ an mehr oder weniger zeitgleichen oder zumindest zeitlich aufeinanderfolgenden Abbau denken lässt, täuscht das Bild. Einige dieser Pingen wurden mittels Geoelektrik und Geomagnetik untersucht, um einen Eindruck von den Ausmaßen und der Form der Schachtmundlöcher zu erhalten, wobei ganz unterschiedliche Ergebnisse beobachtet werden konnten. Zwei der Pingen mit vorgelagerter Halde wurden daraufhin im oberen Bereich archäologisch untersucht, um die Messergebnisse zu überprüfen. Eine davon, mit einem Schachtdurchmesser von mehr als 3 m, dürfte aus der neuzeitlichen Nutzungsperiode stammen, der andere Schacht (31) besaß deutlich geringere Ausmaße von ca. 1,45-1,55 m im Durchmesser (Abb. 4). Das Fehlen von Fundmaterial lässt keine nähere Datierung zu, die geringen Ausmaße deuten aber wohl auf ältere Abbauperioden hin. Vereinzelt Funde von Ambosssteinen auf dem Hauptpingenzug sprechen zumindest für eine erste Zerkleinerung des gefördert Materials vor Ort.



Abb. 5: Shashkoc/Šaškovac: Blick von der „Mondlandschaft“ Richtung Veletin mit den darunter liegenden Pinggen und sich überlagernden Halden. In den Pinggen haben sich vielfach noch Reste des Schnees gehalten. (© Foto: G. Körlin, DBM)



Abb. 6: Kishnicë/Kišnica-Mine, Blick bergewärts in den Stollen. (© Foto: G. Körlin, DBM)

Die Spuren der Aufbereitung konzentrieren sich in erster Linie auf einen kleinen Hügel gegenüber dem Veletin,<sup>18</sup> den wir wegen seines spärlichen Bewuchses „Mondlandschaft“ genannt haben (s. u., Aufbereitungsplätze). Er ist bedeckt von Pinggen und Halden unterschiedlicher Größe, allerdings finden sich hier vergleichsweise viele größere Pinggen mit entsprechend großen Haldenkörpern, die den Hügel nahezu komplett einnehmen. In der Kombination mit der Erzzerkleinerung hat dies zu einem eher lebensfeindlichen Umfeld geführt, lediglich die Pinggen selbst dienten als Sedimentfalle, sodass sich hier vereinzelt Sträucher angesiedelt haben. Etliche dieser Schachtpinggen wurden mittels Geoelektrik und z. T. auch mit geomagnetischer Prospektion un-

tersucht, eine davon bis in eine Tiefe von 8 m ausgegraben (Grube 5).<sup>19</sup>

Oft lagen die Pinggen bzw. Schächte so dicht neben- oder übereinander, dass sich die Halden überlagern und die einzelnen Pinggen nicht mehr im Gelände erkennen lassen, vor allem unterhalb des Plateaus des Veletin (Abb. 5).<sup>20</sup> Die, abgesehen von den letztgenannten Beispielen, vielfach geringe Größe der Halden spricht für einen mehrheitlich oberflächennahen Abbau und nicht für Tiefbau. Dies deutet auf ein wenigstens mehrheitlich relativ hohes Alter der Schächte.

### „Roman Mines“ in der Kishnicë/Kišnica-Mine

In seltenen Fällen ließen sich noch alte Gruben befahren, die nicht mehr oder weniger komplett zusedimentiert waren. Auf dem Gebiet der heute noch aktiven Kishnicë/Kišnica-Mine zwischen Gračanicë/Gračanića und Shashkoc/Šaškovac wurde durch den rezenten Abbau ein altes Grubengebäude angeschnitten, der Abbau daraufhin eingestellt und das Ganze etwas optimistisch als „Roman Mines“ angesprochen. Das aus Stollen, dem Rest einer davon abgehenden Strecke sowie mehreren rechteckigen Schächten bestehende Ensemble war weitgehend gut zugänglich,<sup>21</sup> auf der Sohle befand sich Schutt, das Ganze war jedoch kaum zusedimentiert. Dies spricht zusammen mit den Dimensionen und vereinzelt entdeckten Gezähespuren eher für einen spätmittelalterlich/frühneuzeitlichen Abbau mit geringer neuzeitlicher Nachnutzung. Der zunächst gerade verlaufende Stollen, der im späteren Verlauf im rechten Winkel abknickte und dann nach wenigen Metern in einer Ortsbrust endete, besaß eine Höhe von 2-2,2 m bei einer Breite von 1,5-1,8 m (Abb. 6). Zumindest in diesem Bereich zweigten keinerlei Abbauhohlräume ab. Teilweise



Abb. 7: Kishnicë/Kišnica-Mine, Blick hoch und auf einen der angeschnittenen Schächte. (© Fotos: G. Körlin, DBM)



Abb. 8: Shashkoc/Šaškovac: Auf der „Mondlandschaft“ fanden sich etliche derartige Ambosssteine zur Zerkleinerung der Erze. (© Foto: G. Körlin, DBM)

ließen sich Spuren von Picken erkennen. In seltenen Fällen haben sich Reste von Bohrlöchern erhalten, vermutlich Hinweise auf jüngere Probebohrungen. Das lediglich 2,8 m lang erhaltene Teilstück einer Strecke mit gut erhaltener Ortsbrust war mit 1,8-2,0 m Höhe und einer Breite von 1,1-1,25 m etwas kleiner. Hier konnten mehrere Reste von Bohrungen beobachtet werden. Die Schächte waren teilweise massiv gestört (Abb. 7), lediglich bei einem ließen sich gut die Maße ermitteln. Diese fallen bei einer Tiefe von mindestens 8 m mit 1-1,1 auf 0,7 m vergleichsweise schmal aus.

## Aufbereitungsplätze

Auf dem bereits erwähnten, von Pingen und Halden übersäten Hügel, der „Mondlandschaft“, fanden sich in Hanglage, nicht mehr am Originalstandort, die meisten der bislang bei Surveys entdeckten 25 Ambosssteine mit schälchenförmigen Abarbeitungsspuren, die der Erzaufbereitung als Unterleger dienten (Abb. 8). Hier erfolgte wohl im weiteren Umfeld die erste grobe Zerkleinerung des Gesteins und die Trennung des Erzes vom tauben Gestein.<sup>22</sup> Leider ließ sich der ehemalige Aufarbeitungsplatz nicht als Geländemerkmale lokalisieren, vielleicht ist er von jüngeren Halden überschüttet und die Steingeräte wurden dabei hangabwärts in ihre Auffindungsposition verfrachtet.

Am Südrand des Bergbauareals unterhalb von Shashkoc/Šaškovac waren eine Reihe von rechteckigen „Wannen“ in den anstehenden Andesit eingetieft worden (Abb. 9). Die kleinste besaß Maße von 0,7 × 0,3-0,4 m, die größte von 2,8 × 1,8 m. Die Tiefen betragen ca. 20-30 cm. Sehr wahrscheinlich ließ sich hier ein Befund identifizieren, an dem eine nassmechanische Aufbereitung stattgefunden hat, also die Schwerentrennung von gemahltem Erz von Gesteinspartikeln mittels Wasserzufuhr, wobei sich das schwerere Erz auf dem Boden absetzt. Im Umfeld konnten keinerlei Funde gemacht werden, weshalb die Zeitstellung der Wannen ungewiss ist.<sup>23</sup>

## Siedlungshinweise

Am Süd- und Südwestrand des Reviers sowie mitten im Revier auf dem Plateau unterhalb des Veletin konnten darüber hinaus offenbar zum Bergbau zugehörige Siedlungsspuren dokumen-



Abb. 9: Shashkoc/Šaškovac: Am Rand des Bergbauareals befanden sich mehrere flache Wannen. (© Foto: G. Körlin, DBM)

tiert werden – Gebäudereste, die anhand des keramischen Fundmaterials in die römische, spätantike und mittelalterliche und ottomanische Nutzungsperiode datiert werden können.<sup>24</sup> Hier konnten wir von den Erfahrungen der kosovarischen Kollegen profitieren.

Eines der Gebäude, südwestlich von Shashkoc/Šaškovac gelegen, wurde nach vorheriger geophysikalischer Prospektion und Bohrstocksondagen mit einem Schnitt quer durch das Gebäude untersucht (Abb. 10).<sup>25</sup> Das Gebäude war ca. 19-20 m lang, mit einer Breite von 16,4 m und besaß mehrere Räume. Das Fundmaterial weist auf eine Datierung in das 4. Jahrhundert n. Chr. hin, gibt jedoch keine näheren Hinweise auf die Funktion des Gebäudes. Aufgrund der räumlichen und zeitlichen Nähe zum benachbarten Bergbau und/oder Steinbruchbetrieb wird man dennoch einen Zusammenhang annehmen können.<sup>26</sup>

## Geophysikalische Voruntersuchungen

Voruntersuchungen mittels geophysikalischer Messmethoden in den Bergbauarealen lieferten Anhaltspunkte u. a. zu Tiefen der Schachtpingen und weiterer Abbauspuren und ihrem Formenschatz. Die erreichten Tiefen können Hinweise auf den Umfang des Abbaus geben, unterschiedliche Formen können auf unter-



Abb. 10: Shashkoc/Šaškovac: Schnitt durch ein spätantikes Gebäude am Rand des Bergbauareals. (© Foto: G. Körlin, DBM)

schiedliche Betriebsperioden hindeuten. Die Untersuchungen mussten sich auf eine Auswahl an Befunden beschränken, die zunächst mit Geomagnetik und Geoelektrik zu untersuchen waren, von denen schließlich nur ein kleiner Teil ausgegraben wer-

den konnte. Ziel der geophysikalischen Messungen war es, von einer größeren Anzahl an Befunden zerstörungsfrei auf den Umfang des Abbaus und ggf. eine grobe zeitliche Einordnung schließen zu können.

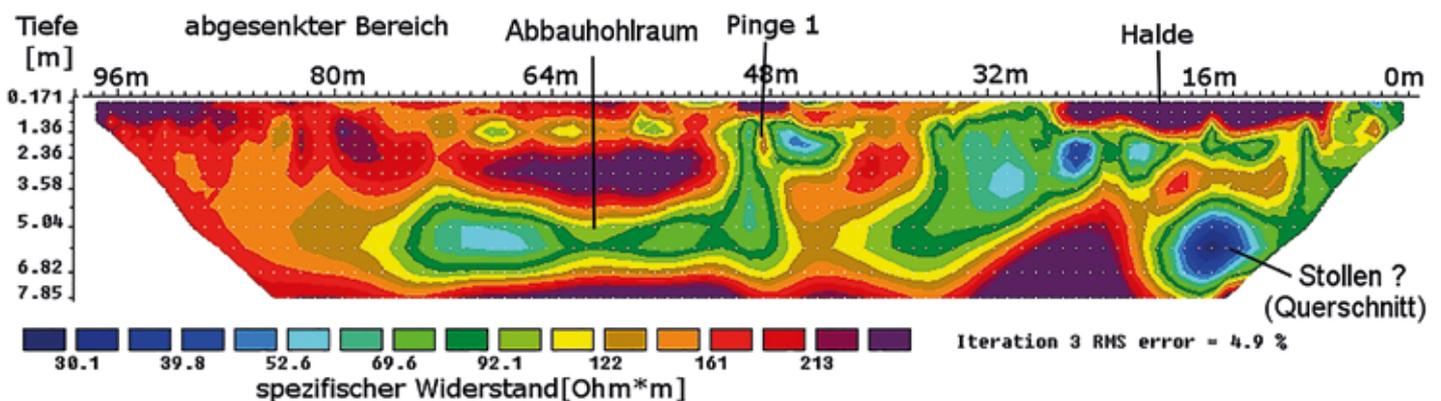
Verhüttungsplätze wurden ebenfalls geophysikalisch und mit Bohrkatenen voruntersucht, um Hochtemperaturbereiche und ihre Tiefenerstreckung für gezielte Grabungen zu erkennen.

Als zunehmend erfolgreich erwies sich ein kombinierter Forschungsansatz mit Surveys, geophysikalischen Messungen, Bohrstocksondagen, Ausgrabungen und Laboruntersuchungen in den geochemischen Laboren der Goethe-Universität Frankfurt, einschließlich des Frankfurt Isotope and Element Research Centers (FIERCE), und des DBM.

Zur Vorbereitung punktueller Grabungen im Montanrevier vor allem im Bereich von Schachtpingen und an einzelnen Verhüttungsplätzen kamen in allen Kampagnen geomagnetische und geoelektrische Untersuchungen zum Einsatz, auch um Siedlungsareale am Rande der Abbaustellen rund um Shashkoc/Šaškovac und am Fuß der Festung Veletin zu detektieren. Während der ersten Förderphase wurden die geomagnetischen Untersuchungen hauptsächlich im Bereich von Verhüttungsplätzen und Siedlungsbereichen eingesetzt, die geoelektrischen Messungen dagegen schwerpunktmäßig im Bergbauareal, um die Tiefe von Schachtpingen zu ermitteln.<sup>27</sup>

Es wurden u. a. unterhalb des Veletin am nordwestlichen Hang geoelektrische Messungen über einem Schacht, der im Verlauf der Grabungskampagne 2013 bereits bis zu einer Tiefe von ca. 4 m geöffnet worden war, durchgeführt. Diese Messungen dienten vor allem dazu, anhand eines bekannten Schachtes zu prüfen, wie sich dieser in den geoelektrischen Messprofilen zeigt. Die Tiefe des Schachtes ließ sich durch die Messung zu ungefähr 7 m abschätzen (Abb. 11). Des Weiteren zeigt die Messung einen, in einer Tiefe von ca. 4,5 m, seitlich abzweigenden Abbauhohlraum, der ebenfalls durch die Grabung bekannt war. Auch die Struktur der Halde (in der Abb. rot bis lila) konnte durch die Messung erfasst werden. Diese Messung ermöglichte im Weiteren eine bessere Interpretierbarkeit der Messergebnisse über unbekanntes Schächten, Pingen und Abbauräumen.

Abb. 11: Shashkoc/Šaškovac: Messung 2 am nordwestlichen Hang des Veletin über dem Schacht, der im Verlauf der Grabungskampagne 2013 geöffnet wurde (Pinge 1). Ebenfalls zu erkennen ist ein Abbauhohlraum, der in einer Tiefe von etwas mehr als 4 m nach links zur Seite hin abzweigt. (Messung: B. Matthes, P. Alaj, E. Shala)



Datum: 28.04.2014  
 Konfiguration: Dipol-Dipol  
 Länge der Auslage: 100 m  
 Elektrodenabstand: 1 m

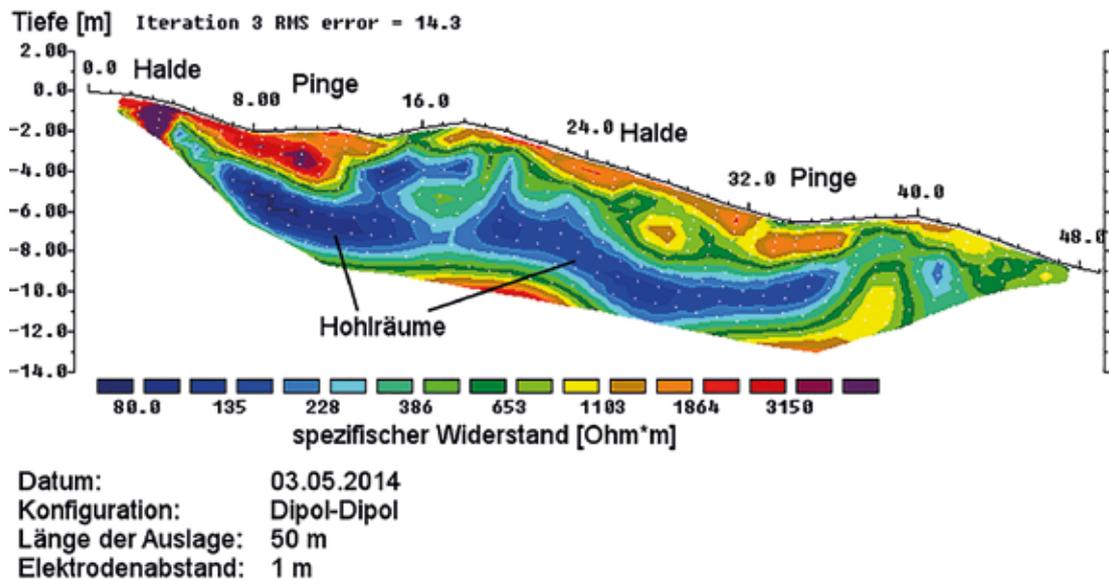


Abb. 12: Shashkoc/Šaškovac: Messung 8 auf der „Mondlandschaft“ über zwei Pinggen, unter denen sich deutlich Hohlräume abzeichneten. (Messung: B. Matthes, P. Hessel)

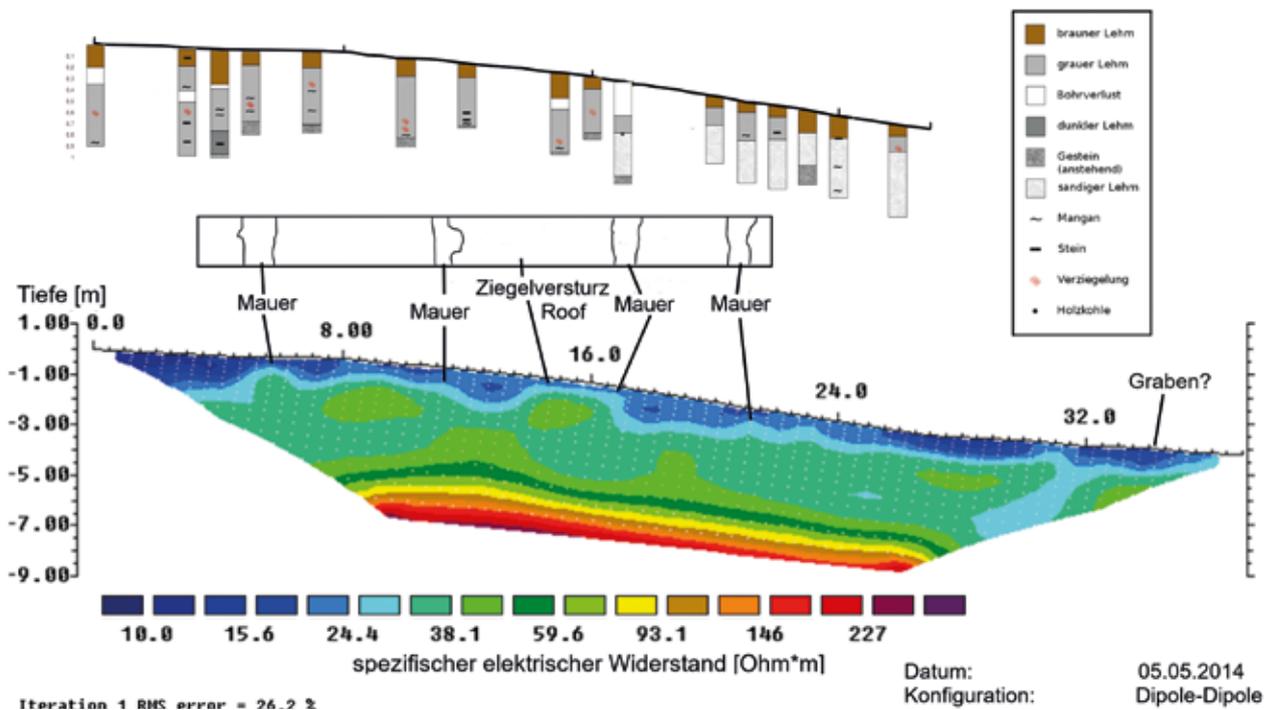


Abb. 13: Messung 9 neben der Schule in Shashkoc/Šaškovac. Zu erkennen sind Mauern und Ziegelversturz. Die Skizze zu den archäologischen Befunden (oben abgebildet) wurde maßstabsgetreu nach den gezeichneten Plänen (DBM) erstellt und diente dazu, die Messergebnisse mit den Ergebnissen der archäologischen Grabung abzugleichen. (Messung: B. Matthes, G. Gassmann, B. Sikorski, O. Walther)

Auf der Hügelkuppe „Mondlandschaft“ nordwestlich des Veltin sind an der Oberfläche zahlreiche Pinggen zu erkennen, das Haldenmaterial erstreckt sich hier fast über den gesamten Bereich. Dort wurden zahlreiche geoelektrische Messungen durchgeführt. Abb. 12 zeigt beispielhaft eine der Messungen, die im oberen Hangbereich über zwei Pinggen verlief. Bei der weiter oben gelegenen Pinge zeigt sich im oberen Bereich deutlich eine Verfüllung mit Haldenmaterial einer noch weiter oben am Hang gelegenen Pinge. In ca. 7 m Tiefe steht massives Gestein an. Bei der weiter unten gelegenen Pinge zeigt sich ein ähnliches Bild. Unterhalb der beiden Pinggen scheinen zwei Hohlräume zu lie-

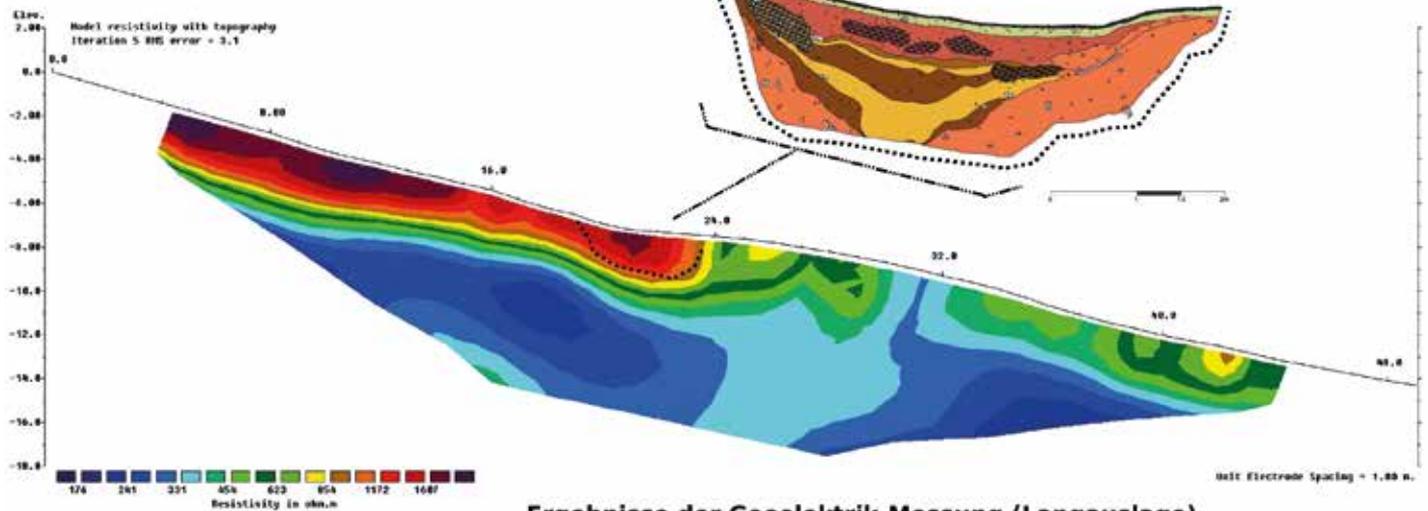
gen, die eventuell mit feinerem Material aufgefüllt sind, was die geringeren Werte des spezifischen elektrischen Widerstandes (in der Abb. blau) erklären kann. Anhand dieser und der zahlreichen anderen Messungen auf der „Mondlandschaft“, sowie am Hauptpinggenzug wurde deutlich, dass häufig weiter unten gelegene Pinggen durch die Halden der weiter oben gelegenen Pinggen verschüttet wurden. In dieser ersten Phase wurden bei den geoelektrischen Messungen ausschließlich Längsauslagen angelegt, die Querschnittsprofile liefern, wie sie in den Beispielen gezeigt wurden. Dadurch lässt sich gut die Tiefenerstreckung der Pinggen abschätzen.



**Ergebnisse der Geoelektrik-Messung (Draufsicht) und Zeichnung von Planum 2**



**Planum 2 und Westprofil**



**Ergebnisse der Geoelektrik-Messung (Langauslage) und Zeichnung des Westprofils**

*Abb. 14: Janjevč/Janjevo: Die geoelektrische Langauslage über Pinge 42 liefert einen Vergleich zum Westprofil der Grabung, die 2D-Auslage (Draufsicht) ermöglicht einen Vergleich mit dem Planum. (Messung: B. Matthes, © Illustration: B. Sikorski, © Foto: DBM, G. Körlin)*

In der zweiten Förderphase wurde ein neuer Ansatz entwickelt: Durch die Kombination der beiden Methoden Geomagnetik und Geoelektrik an denselben Befunden war es möglich, sehr viel mehr Aussagen über die Form und Größe sowie zur Tiefenerstreckung zu treffen. Damit wurde die dritte Dimension greifbar. Bei Siedlungsbefunden und Verhüttungsplätzen kamen zur Abrundung des Bildes auch Bohrstocksondagen zum Einsatz, die Aussagen zur Beschaffenheit und Tiefenlage des geologischen oder anthropogen gestalteten Untergrundes ermöglichten. Danach wurden gezielte Ausgrabungen an vielversprechenden Plätzen durchgeführt. Ein Schwerpunkt lag auf Ausgrabungen im Bergbaurevier von Shashkoc/Šaškovac – Janjevč/Janjevo und an den Schlackenplätzen in Ponesh/Poneš, Mramor, Marec und Vogačica/Vogačica.

Beispielhaft für den Einsatz der verschiedenen Methoden in einem Siedlungsbereich zeigt Abb. 13 eine geoelektrische Messung, deren Lage anhand einer geomagnetischen Prospektion (B. Sikorski) ausgewählt wurde. Wie bereits oben erwähnt, wurde eines der prospektierten Gebäude südwestlich von Shashkoc/Šaškovac während der Grabungskampagne im Frühjahr 2014 mit einem Sondageschnitt untersucht. Dieser wurde so angelegt, dass das Geoelektrikprofil genau in der Mitte der geöffneten Grabungsfläche verlief. Dadurch konnten die Ergebnisse

der Grabung direkt mit den Ergebnissen der geoelektrischen Messung verglichen werden. Der Vergleich ermöglichte eine Zuordnung der Strukturen im Geoelektrikprofil zu den Ausgrabungsbefunden in Form von Mauern und Ziegelversturz (oben in Abb. 13). Erweitert wurde diese Methodenkombination durch Bohrprofile (G. Gassmann), die ebenfalls zum direkten Vergleich mit der geoelektrischen Messung dienen konnten (oben in Abb. 13).

Da sich die Methodenkombination aus Geomagnetik und Geoelektrik als sehr hilfreich erwiesen hat, um die Form und die Tiefe der Pingens abzuschätzen, wurden am Hauptpingenzug zahlreiche geomagnetische und geoelektrische Messungen durchgeführt. Des Weiteren wurden die geoelektrischen Messungen erweitert durch zweidimensionale Messauslagen, die ein dreidimensionales Bild des Untergrundes ergeben. Es lassen sich dabei Längs- und Querschnitte, sowie auch eine Draufsicht erzeugen. Mit dieser Methode sollte vor allem die Form der Pingens näher untersucht werden. Die Ergebnisse konnten mit denen der geomagnetischen Prospektion und an ausgewählten Stellen auch mit denen der anschließenden Grabung verglichen werden. Ein Beispiel für diese Methodenkombination ist Pinge 42 am Hauptpingenzug (Abb. 14). Die Langauslage lässt sich direkt mit dem Westprofil, welches bei der Grabung angelegt wurde, vergleiche-

chen und die Draufsicht mit dem Planum. Dieser Vergleich vereinfacht die Interpretation der zahlreichen anderen Messungen, die auf dem Hauptpingenzug durchgeführt wurden und ermöglicht es, einen Eindruck von der Form der Schachtmundlöcher zu erhalten.

## Montanarchäologische Ausgrabungen im Revier von Shashkoc/Šaškovac – Janjevč/Janjevo

Die montanarchäologischen Ausgrabungen sollten ein möglichst breites Spektrum an unterschiedlichen Befunden aus verschiedenen Bereichen des Reviers abdecken, um die Vielfalt der Abbauformen zu untersuchen. Aufgrund der hohen Anzahl von Bergbaurelikten und der sehr zeitaufwändigen Ausgrabungen großer Abbaue musste eine Auswahl getroffen werden. Daher wurden kleinere Befunde komplett untersucht, größere Anlagen nur zum Teil. Dies geschah mit entsprechender Unterstützung durch die geophysikalischen Messungen, die bereits im Vorfeld wesentliche Hinweise auf die Länge oder Tiefe eines Befundes geben konnten.

Zwei Stollen und eine Grube wurden komplett untersucht, Stollen 1 und 9, Grube 6, zwei Gruben in ihrem Mundlochbereich (1 und 2)<sup>28</sup> sowie fünf Schachtpingen in ihren oberen Bereichen. Die Stollen und Gruben haben Dimensionen von mehreren Metern Länge und meist geringe Höhen und Breiten. Die beiden Gruben 1 und 2 wurden zwar nur im Mundlochbereich ausgegraben, dank einer geoelektrischen Messung ließ sich dennoch ein Eindruck vom weiteren Verlauf gewinnen. Grube 1 ist noch in einer Entfernung von ca. 14 m erkennbar, Grube 2 besitzt bei 8,5 m noch deutlich größere Ausmaße als im Mundlochbereich. Stollen 1 besaß dagegen lediglich eine Länge von 3,9 m, allerdings führte eine kanalartig wirkende und immer flacher werdende „Fortsetzung“ des Stollens ohne Firste auf ebenfalls mehreren Metern Länge vom Mundloch hangabwärts (Abb. 15). Die Höhe des Stollens betrug maximal 1 m, bei einer Breite von 0,4–0,5 m.<sup>29</sup> Die Maße von Stollen 9 waren ähnlich gering: Die Höhe von 1,25 m im Mundlochbereich verringerte sich auf 1 m, die Breite nahm von 0,65 m bis auf 0,45 m ab. Stollen 9 war lediglich 6,5 m lang; Abbauweitungen wies keiner der beiden Stollen auf. Es handelte sich offenbar um Prospektionsstollen, die keine Erzführende Schicht angetroffen haben.

Die Schachtpingen 1, 5,<sup>30</sup> 31 (s. o. Abb. 4), 42 und 122 wurden jeweils im Bereich des Schachtmundes sowie des anschließenden Teilstücks im anstehenden Gestein untersucht. Dabei wurden jeweils mindestens die obersten 3–4 m freigelegt, bei Schacht 5 die ersten 8 m sowie ein kleiner Abbaubereich. Wie bei den Stollen und kleineren Gruben waren auch hier, abgesehen von den Maßen und einer möglichen Datierung, die unterschiedlichen Formen, die Abbautechnik, Hinweise auf das verwendete Gezähe, eventuelle Abbauhohlräume oder auch Hinweise auf Ausbau oder Fahrung von Interesse. Die Einzelergebnisse werden in einer gesonderten Abschlusspublikation vorgelegt.

Aufgrund der Beschaffenheit des anstehenden Gesteins hatten sich in den seltensten Fällen Gezähespuren erhalten, in Stollen 9 und Schacht 5 konnten Pickspuren ausgemacht werden, die von einer einhändig geführten kleineren Picke stammen dürften. Einzelne Pickspuren befanden sich auch nahe der Ortsbrust von Stollen 1 sowie an einem Stoß von Grube 1.<sup>31</sup> Hinweise auf Schlägel- und Eisenarbeit fanden sich nicht. Die eingesetzten Werkzeuge deuten auf einen mittelalterlichen oder noch älteren Abbau hin.

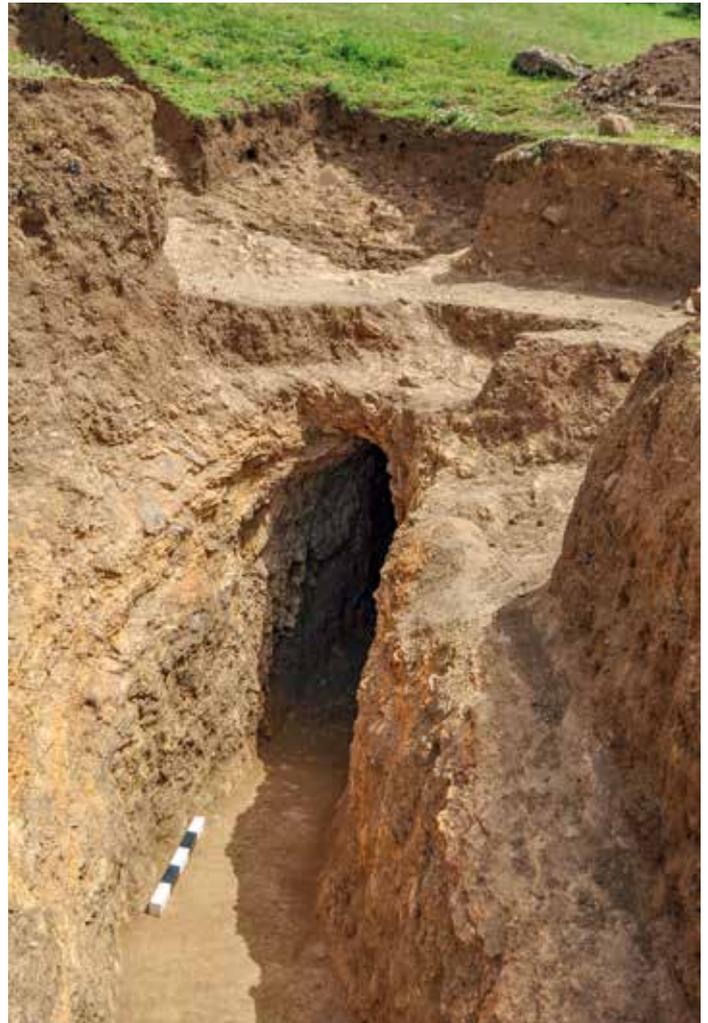


Abb. 15: Shashkoc/Šaškovac: Stollen 1, Blick auf das Mundloch. Dahinter anschließend Pinge 1, die die Ortsbrust von Stollen 1 gekappt hat. (© Foto: G. Körlin, DBM)

Von den bislang untersuchten Schächten und Stollen lieferte lediglich ein Befund einen Hinweis auf den Einsatz von Holzabbau. Im Bereich des Mundlochs vor Stollen 9 lagen mehrere gut erhaltene Hölzer (Abb. 16), leider befanden sie sich nicht mehr in situ. Dafür fanden sich in dem anschließenden Teilstück Richtung Hangkante sechs Pfostenstandspuren, jeweils drei Paare. Die Durchmesser der Standspuren betragen 10, 15 und wiederum 10 cm. Der Ausbau war jedoch nicht gleichmäßig gestellt: Der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Paar betrug ca. 25 cm, derjenige zwischen dem zweiten und dritten Paar dagegen das Doppelte.

Ein Ausbauholz war komplett erhalten, mit Maßen von 41 cm auf 8,3 cm bei einer Dicke von 6,5 cm. Es besitzt auf beiden Schmalseiten eine rechteckige Ausnehmung, in die Hölzer mit entsprechend ausgearbeiteten Zapfen passgenau eingesetzt werden konnten. Dementsprechend wurde das gefundene Holz seitlich mit zwei Stempeln verzapft. Dieses System kam mit verschiedenen Ausbauvarianten über Jahrhunderte bis zur Neuzeit zum Einsatz. Beispielsweise auf dem Altenberg im Siegerland wurden im 13. Jahrhundert mit diesem Ausbau Strecken gesichert, die von den Schächten abgingen. Dies „Stecksystem“ wurde aber auch für den Schachtausbau genutzt.<sup>32</sup> Offenbar wurde der Mundlochbereich von Stollen 9 – und wohl nur dieser Be-



Abb. 16: Shashkoc/Šaškovac: Die gut erhaltenen Ausbauhölzer vor dem Stollenmundloch von Stollen 9. (© Foto: G. Körlin, DBM)



Abb. 17: Shashkoc/Šaškovac, Pinge 1: Der Trichter ging dicht unter der Oberfläche bereits in einen rechteckigen Schacht über. (© Foto: G. Körlin, DBM)

reich – durch einen Türstockausbau geschützt. Der restliche Stollen besitzt mit seiner Breite von 0,45-0,65 m quasi Schulterbreite, hier wäre kein Ausbau mehr möglich gewesen, ohne den Stollen zu verbreitern. Da Stollen 9 sehr oberflächennah angelegt wurde, wurde offenbar der vordere Bereich als einsturzgefährdet angesehen oder aber Steinschlag oder Hangrutsche befürchtet. Die gute Erhaltung der Hölzer weist auf eine Tränkung mit Kupfervitriol hin, das vermutlich aus dem leicht ansteigend aufgefahrenen Stollen herausgesickert ist. Darauf weist auch die bläuliche Farbe des feinen Lehmest hin, in den die Hölzer eingebettet waren. Kupfervitriol wirkt toxisch, somit dem Verfaulungsprozess entgegen und begünstigt die Erhaltung der Hölzer.

### Zur (relativen) Datierung der ausgegrabenen Bergbaurelikte

Die zeitliche Zuordnung der untersuchten Stollen bzw. Gruben ist nur unter Vorbehalt möglich. Der direkte Mundlochbereich von Grube 1 erbrachte ausschließlich spätantike Keramik, im Umfeld fand sich zudem ottomanische Keramik, was bei dem sich direkt oberhalb der Grube befindlichen Plateau mit spätantiker und ottomanischer Bebauung nicht weiter verwundert. Auch vor Grube 2 fanden sich zahlreiche Gefäßfragmente in Sedimentschichten, die die oberen Teile der Haldenschichten überlagerten. Hier zeigte sich sogar – offenbar durch längerfristige Erosion vom Plateau bedingt – eine umgekehrte Stratigraphie: spätantikes und ottomanisches Fundmaterial lag über Schichten mit rein ottomanischem Fundgut. Da das Fundmaterial offenbar nachträglich hineingelangt ist, lässt sich die Zeit des Abbaus nur grob auf ottomanisch oder älter bestimmen. In Grube 6 konnten keine Funde gemacht werden.<sup>33</sup>

Die komplett gegrabenen niedrigen Prospektionsstollen (mit einer Höhe von maximal 1,25 m) erbrachten ebenfalls kein datierendes Fundmaterial, lediglich nachträglich in die oberen Bereiche hineinsedimentierte ottomanische Keramik bei Stollen 9. Zum Zeitpunkt des Fundeintrags war der Stollen allerdings bereits zum großen Teil zusedimentiert, dessen Anlage lag also schon längere Zeit zurück und muss entsprechend älter als die Keramik sein.

Bei Stollen 1 greift ebenfalls nur die relative Chronologie, da er von dem jüngeren, rechteckigen Schacht 1 (Abb. 17) gekappt

wurde, deren Verfüllschichten mittelalterliches Fundmaterial enthielten. Beide Stollen dürften also von einer älteren Betriebsperiode als die Schächte stammen. Vereinzelt wurden auch hier Gezähspuren einer Picke beobachtet.<sup>34</sup>

Hinsichtlich der geringen Maße lässt sich vor allem an mittelalterliche Befunde denken, wie z. B. an einen Stollen (8019) aus Niederpöbel in Sachsen aus dem 13. Jahrhundert.<sup>35</sup> Auch die von den mittelalterlichen Schächten aus der 1. Hälfte des 13. Jahrhunderts am Altenberg bei Siegen (NRW) abgehenden Strecken besaßen vergleichbare Maße. Die von Schacht 2 abgehende Strecke auf der 1. Sohle besaß lichte Maße (ohne den begrenzenden Holzausbau) von 1,05 × 0,53 m, die auf der 2. Sohle sowie die Strecke von Schacht 4 jeweils ca. 1 × 0,5 m.<sup>36</sup>

Als Kontrast zu den älteren Abbauen und bestes Beispiel für die unterschiedlichen Vortriebsverfahren und Ausmaße kann ein verschütteter neuzeitlicher Stollen aus Janjevë/Janjevo dienen, dessen Mundloch extra wieder freigelegt wurde. Mit Ausmaßen von ca. 1,8-2 m Höhe und einer Breite von 1,5 m besitzt er etwa die doppelten Maße der älteren Stollen (Abb. 18); von ihm gingen mehrere Abbaubereiche und Strecken sowie ein rechteckiger Blindschacht ab (ca. 2,5 × 1,5 m, Tiefe 8 m); nach 90 m folgte ein größerer Abbaubereich, der jedoch massiv verbrochen war. Abhängig vom abgebauten Gestein wurde in manchen Partien Holzausbau gestellt: Ab Lfm. 38 haben sich entlang beider Stöße die Standspuren von Türstockausbau erhalten. Die entfernten Holzstempel hinterließen 30 cm tief eingetiefte Standspuren mit Durchmessern von 22 cm. Spuren von mit Pressluft betriebenen Abbauhämmern, die erst seit den 1920er Jahren im Bergbau verbreitet sind, liefern einen deutlichen Datierungshinweis.

Ebenfalls erst in der Neuzeit angelegt wurde Schacht 122, einer der wenigen Befunde mit einer Ringhalde statt einer vorgelagerten Halde. Im Gelände zeichnete sich noch deutlich der 1,2 m tiefe Trichter mit einem Durchmesser von über 5 m ab.

Pinge 122 wurde ebenfalls mit einer Kombination der Methoden untersucht. Nach vorausgegangener geomagnetischer Prospektion des Geländes wurden mehrere geoelektrische Messungen durchgeführt. Da bei dieser Pinge ein großer Trichterbereich an der Oberfläche sichtbar war, konnten mehrere Langauslagen über verschiedenen Bereichen des Trichters angelegt werden. Über den gesamten oberflächlich sichtbaren Trichterbereich wurde auch eine zweidimensionale Messauslage gelegt (Abb. 19),



Abb. 18: Janjevč/Janjevo: Blick in den frühneuzeitlichen Stollen. (© Foto: G. Körlin, DBM)



Abb. 19: Janjevč/Janjevo, Schachtpinge 122: Zur Vorbereitung der Ausgrabung wurde sowohl eine Geoelektrik-Langauslage längs durch den Befund als auch die hier abgebildete 2D-Auslage gemessen. (© Foto: G. Körlin, DBM)

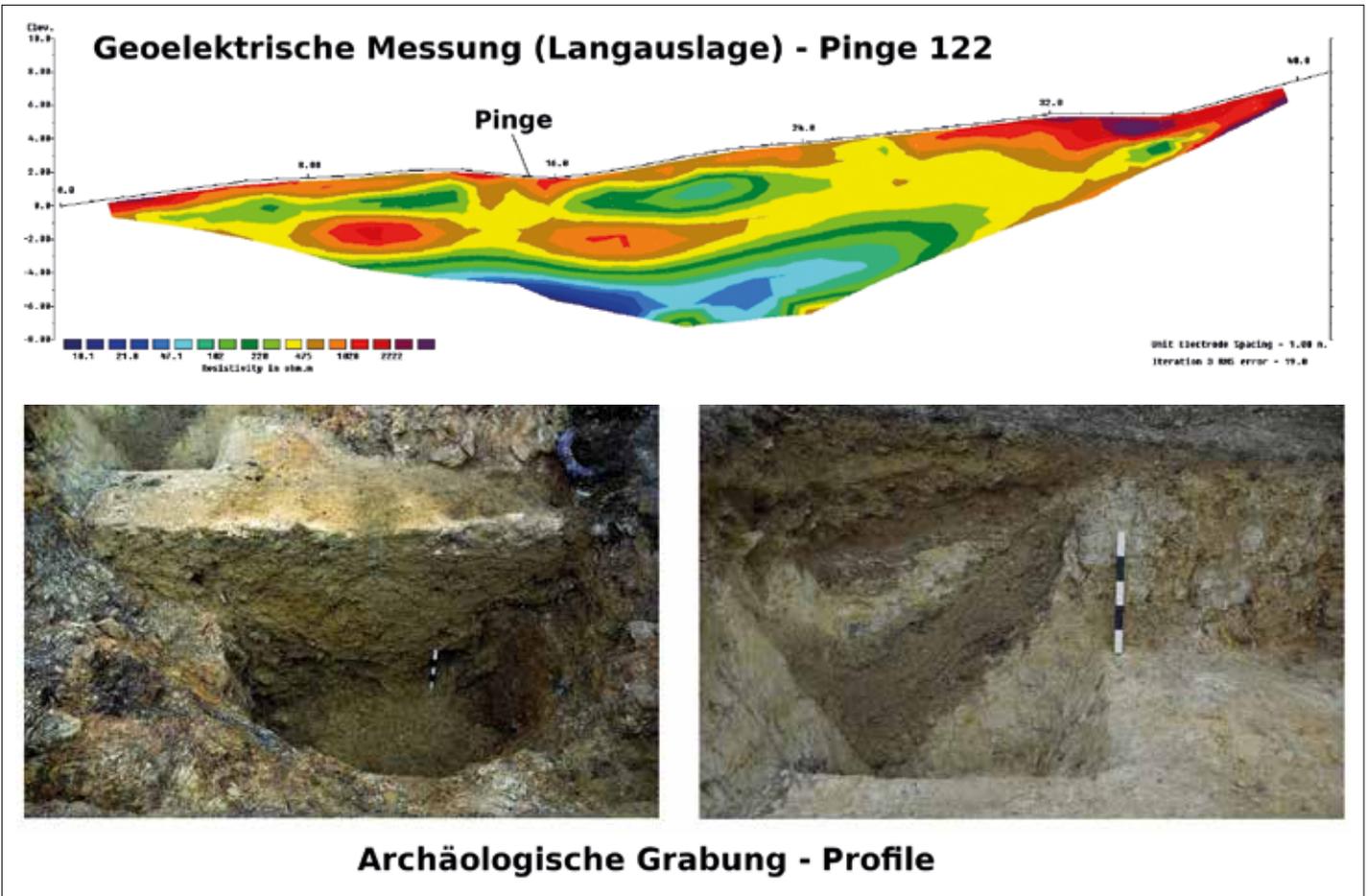


Abb. 20: Janjevč/Janjevo, Schachtpinge 122: Die Langauslage der geoelektrischen Messung sowie die Profile durch Schacht und eine benachbarte Grube. Auch hier ist wieder ein direkter Vergleich der Messergebnisse mit den tatsächlichen Befunden möglich. (Messung: B. Matthes, Illustration: B. Sikorski, © Fotos: G. Körlin, DBM)

sodass wiederum Längs- und Querschnitte, sowie eine Draufsicht ermöglicht wurde. Im Anschluss an die Messungen erfolgte eine Grabung. Abb. 20 zeigt die Langauslage der geoelektrischen Messung sowie die Profile, die bei der Grabung angelegt wurden. Auch hier ist wieder ein direkter Vergleich der Messergebnisse mit den tatsächlichen Befunden möglich.

Der rundovale Schacht wurde bei der anschließenden Ausgrabung nicht in seiner vollen Ausdehnung untersucht. Ab einer Tiefe von ca. 1,4 m verliefen die Stöße des Schachts senkrecht im anstehenden Gestein, in einer Tiefe von 2,5 m besaß der Schacht noch Maße von 2,3 × >1 m (Gesamtausdehnung wohl 2,3 × mind. 1,5 m). Die geophysikalischen Messungen deuten auf eine Tie-

fe von 5 m hin.<sup>37</sup> Im Schacht fand sich ein neuzeitlicher Stacheldraht, der noch in über 2,5 m Tiefe in den Sedimentschichten steckte. Selbst wenn man eine gewisse Zeit für die Verfüllung eines Schachtes einkalkuliert, dürften seit seiner Auffassung keine Jahrhunderte vergangen sein.

Im Revier von Shashkoc/Šaškovac - Janjevč/Janjevo trafen die Bergleute ein weitgehend stabiles anstehendes Gestein an, das keine mächtige Bodenüberdeckung aufweist. Dennoch fanden sich nicht nur unterschiedlich große, sondern auch unterschiedlich geformte Schachtquerschnitte, wobei keiner der Schächte einen Hinweis auf Ausbau geliefert hat. Mit aller Vorsicht scheint sich anhand der Kombination aus Größe und Form dennoch eine gewisse Tendenz abzuzeichnen, der zufolge hier die kleinen rechteckigen Schächte eher im Mittelalter/der (frühen) Neuzeit angelegt wurden, wohingegen in der Neuzeit größere runde und vereinzelt auch rechteckige (Blind-) Schächte abgeteuft wurden. Ob die schmalen runden Schächte wie Schacht 31 tatsächlich einer römisch/spätantiken Phase zuzuordnen sind, lässt sich mit Blick auf andere römische Provinzen wie Gallia Belgica bislang allenfalls vermuten.<sup>38</sup> Mit größter Vorsicht lässt sich formulieren, dass sich, wie in anderen Erzrevieren auch, Nachweise jüngerer Aktivitäten deutlicher fassen lassen als die überprägten älteren Spuren, auch wenn letztere primär in größerer Zahl vorhanden sein sollten. Deshalb lassen sich die Dimensionen des frühen Bergbaus nur schlecht abschätzen.

Über die Ergebnisse der Grabungen hinaus war ein Hauptanliegen des Projektes die generelle Klärung der Frage nach einer evtl. erfolgten zeitlich-räumlich gestaffelten Abfolge des Abbaus. Denkbar wäre, dass sich der Abbau entweder von einer Seite aus über das Revier erstreckte oder aber, dass die oberflächlichen Lagen mit oxidischen Erzen zuerst von den Römern aufgesucht und ausgebeutet wurden und den nachfolgenden Epochen nur noch die tief liegenden Bereiche mit den sulfidischen Erzen zum Abbau blieben. Dieses Modell lässt sich nicht belegen, vielmehr finden sich anhand von Rillenschlägelfunden Hinweise auf den Anfang des Bergbaus bereits während der Bronzezeit auf gelegentlich vorkommende Kupfererze. Seine Entfaltung lässt sich aber erst durch die unterschiedlichen Konzentrationen von datierbaren Keramiken als Hinterlassenschaften römisch/spätantiker byzantinischer und mittelalterlich/frühneuzeitlicher Aktivitäten auf Blei und Silber im gesamten Revier belegen. Das komplette Revier wurde folglich während der verschiedenen Perioden immer wieder aufgesucht und die erfolgversprechendsten Stellen abgebaut. Als Ergebnis unserer Arbeiten haben wir ein sicherlich repräsentatives Archiv von alten Spuren, die aber nicht vollständig entschlüsselt werden konnten, weil die zeitliche Zuordnung der Befunde zu den zeitlich differenzierbaren Funden nicht möglich war. Diese Thematik erfordert weitere gründliche Untersuchungen und etwas Glück beim Auffinden aussagekräftiger Bereiche.

## Die Verhüttung

Unter den indirekten Bergbauzeigern tun sich insbesondere die Verhüttungsschlacken hervor, aus denen sich allerlei Informationen zu den eingesetzten Erzen und möglichen Zuschlägen, den Prozessabläufen und den ausgebrachten Metallen ablesen lassen. Überdies können durch datierbare Beifunde wie Keramik oder Holzkohle von der Ofenbasis Aussagen zur Zeitstellung gewonnen werden. Es lag nahe, die Verhüttungsplätze systematisch zu detektieren und zu dokumentieren.

Die meisten Schlackenplätze liegen in Bachtälern unterhalb und außerhalb der Bergbauareale von Shashkoc/Šaškovac - Janjevč/Janjevo und Novobërdë/Novo Brdo. Hierbei ließen sich erhebliche Größenunterschiede beobachten. Kleinere Halden finden sich im gesamten Bergbaurevier und teilweise weit darüber hinaus. Sie reihen sich perlschnurartig an den Bachläufen, woraus geschlossen wird, dass sie mit Wasserkraft betrieben wurden. Soweit bisher bekannt, wurden sie überwiegend während des Spätmittelalters und der Ottomanischen Periode betrieben. Große Plätze wie die von Mirash i Vjetër/Stari Miraš und Vogaçicë/Voguçince legen die Vermutung nahe, dass sie über einen langen Zeitraum gebildet wurden.

Der Schlackenplatz von Mirash i Vjetër/Stari Miraš hat sehr große Ausmaße und erstreckt sich über 200 x 30 m, die Schlackenüberdeckung ist noch mehr als 1,5 m hoch. Da der größte Teil der Schlackehalden im 20. Jahrhundert abgefahren und erneut verhüttet wurde,<sup>39</sup> handelt es sich bei den Angaben um Minimalzahlen und die ursprüngliche Produktion lässt sich nur schwer abschätzen. An einigen Stellen lassen sich durch Ofenschlacken, veriegelten Lehm und das Auftreten von Speise Ofenstandorte vermuten. Das vergleichsweise gehäufte Auftreten von Speise<sup>40</sup> deutet auf die Verwendung eines polymetallischen Erzes hin. Spätantik bis mittelalterlich datierende Keramik im Inneren einer der noch verbliebenen Halden liefert aufgrund ihres ungestörten Kontexts eine mutmaßliche Datierung an dieser Stelle.

## Verhüttungsüberreste aus einer hellenistischen Siedlung bei Novobërdë/Novo Brdo und das vormoderne Bergbaurevier

Premtim Alaj zeigte uns ein nicht überbautes Areal einer hellenistischen Siedlung unterhalb von Novobërdë/Novo Brdo mit dem Flurnamen Gumnishtë/Zlatno Gumno.<sup>41</sup> Die Siedlung liegt auf einem sanft geneigten Bergsporn. Bei einer Raubgrabung wurde ein kleiner Abschnitt des Siedlungsareals aufgedeckt. Im Abraum und der weiteren Umgebung fanden sich in Gesellschaft mit Siedlungskeramik vereinzelt Verhüttungsschlacken und Ofenteile sowie ein Bruchstück eines Unterlegsteines mit einer rund-konkaven Vertiefung. Damit wird hellenistische Metallgewinnung im Umfeld sehr wahrscheinlich.

Nur durch ein Bachtälchen getrennt, erstreckt sich ein altes Pingengebiet im unmittelbaren Umfeld der Siedlung bei der modernen, mittlerweile stillgelegten Mine (Miniera i Vjetër/Stara Jama) im Süden der Mal i Vogël/Mala Planina zwischen den Ortschaften Novobërdë/Novo Brdo und Koloni Novobërdë/Kolonija Novo Brdo. Streufunde von Keramik im Bereich des Abbaufeldes datieren mutmaßlich römisch/spätantik, mittelalterlich bis (früh-)modern und deuten somit eine langandauernde Nutzung des Reviers an. Die Bergbauüberreste befinden sich im Bereich des eisernen Hutes und liegen vor allem als (verschliffene) Pingengebiet und Verhaue sowie stellenweise auch als verbrochene, flache Stollen vor. Die Ausmaße der Versturztichter sind teilweise sehr groß und erreichen maximale Durchmesser von 20 bis 40 m. Die geringsten Durchmesser liegen zwischen circa 2 und 5 m. Ihre Größe nimmt mit dem Anstieg des Berges zu.

Schriftliche Überlieferungen belegen zudem für Novobërdë/Novo Brdo mittelalterlichen/ frühneuzeitlichen Abbau ab 1326 bis zur 1. Hälfte des 17. Jahrhunderts, als der Bergbau hier seine Bedeutung verlor. Savić gibt für die 1950er Jahre das Vorhandensein von ca. 40.000 t Schlacke in Novobërdë/Novo Brdo an,

die er dem genannten Zeitraum zuordnet. Daraus berechnete er eine Erzförderung von rund 120.000 t. Abzüglich der noch in den Schlacken verbliebenen Anteile an Blei ging er von einer Bleiproduktion von ca. 10.500 t aus.<sup>42</sup> Von der mittelalterlichen Stadt samt Festung sind noch die Ruinen von Wachtürmen, sakralen Gebäuden und die Wallanlage erhalten.<sup>43</sup> Die am höchsten Punkt gelegene Burg wird momentan komplett wieder aufgebaut.

## Archäologische Ausgrabungen an Schlackenplätzen

### Dokumentation justinianischer Verhüttungsaktivitäten nahe Marec

Gesicherte Hinweise auf das Vorkommen von Verhüttungsschlacke mindestens justinianischer Zeitstellung gibt es bisher nur an einem freigeputzten und dokumentierten Straßenprofil bei Marec (Abb. 21). Dort fand sich in der Rollierung eines bis in justinianische Zeit zurückreichenden Brückengebäudes Verhüttungsschlacke, die demnach nicht jünger als das untersuchte Gebäude sein kann. Reste der zugehörigen Halde finden sich vermutlich im Bachbett unterhalb der modernen Straße. Leider war es nicht möglich, das an das Profil anschließende Wiesengelände zu untersuchen, da die erforderliche Genehmigung trotz guten Zurechens seitens der kosovarischen Kollegen vom Grundbesitzer verweigert wurde. Hier konnten schon an der Oberfläche zahlreiche Schlacken und einige Ofenbestandteile beobachtet werden, die auf einen nahen Schmelzofen hindeuten. Umfangreiche Grabungen waren auch am Straßenprofil nicht möglich, sodass lediglich der Bewuchs zu Teilen entfernt wurde, um die Gesamtsituation dokumentieren zu können. Dabei fanden sich Mauerreste und in den Verfüllschichten spätantike bis mittelalterliche Keramiken in großer Zahl und an der Basis des Brückenkopfes die erwähnten fragmentierten Verhüttungsschlacken. Dieser Befund belegt exemplarisch, dass die Hochphase der Metallproduktion bei Novobërdë/Novo Brdo im 14./15. Jahrhundert mitnichten den Anfang dieser Tätigkeiten darstellt, sondern bereits auf frühere Aktivitäten zurückgeht.

### Die durch Grabungen untersuchten Schlackenplätze

Die bei den Geländebegehungen und durch die Ermittlungen der kosovarischen Kolleginnen und Kollegen kartierten Schlackenhalden wurden exemplarisch an drei Standorten mit räumlich begrenzten Schürfschnitten untersucht. In Ponesh/Poneš galten die Ausgrabungen einem Schmelzofen mit vorgelagerter Schlackenhalde, der bei der Verlegung eines Bachlaufs im Profil angeschnitten wurde. Er wies die Reste eines aus Lehmziegeln aufgesetzten Schachtofens auf, mit einem in situ steckenden schräg in den ehemaligen Brennraum führenden Düsenziegel (Abb. 22). Beim Versuch der Freilegung des Brennraums hinter dem Profil zeigte sich jedoch, dass dieser sich nicht weiter in das Profil fortsetzte, sondern durch den ursprünglich mäandrierenden Bachlauf hinter dem Profil mit Ausnahme basaler Verziegelungen komplett ausgeräumt war. Ottomanische Keramikfunde innerhalb der Schlackenhalde liefern einen Hinweis auf die zeitliche Einordnung.

In Mramor wurde an einem Abhang eine Schlackenhalde untersucht (Abb. 23), die wohl zur neuzeitlichen Materialgewinnung



Abb. 21: Marec: Durch die Anlage einer modernen Straße wurden spätantike Mauerreste sowie Schichten mit Schlacken und Keramik angeschnitten. (© Foto: G. Gassmann, DBM)



Abb. 22: Ponesh: Ein mäandrierender Bach legte den Rand einer Düse eines ottomanischen Ofens frei. (© Foto: G. Gassmann, DBM)



Abb. 23: Mramor: Schlackenhalde vermutlich ottomanischer Zeitstellung während der Ausgrabung. (© Foto: G. Gassmann, DBM)



Abb. 24: Vogaçicë/Voguçince: Kleine Sondagegrabung innerhalb einer wohl ottomanischen Schlackenhalde. (© Foto: G. Gassmann, DBM)



Abb. 25: Eine der Gruben in Melenicë/Meljenica. (© Foto: G. Körlin, DBM)

frisch angeschnitten worden war. Der Grabungsplatz wurde gewählt, weil im Talgrund spärliche römische Funde aufgelesen worden waren. Im Bereich von bei physikalischen Messungen erkannten Hochtemperaturzonen oberhalb des Haldenkörpers fand sich ein mehrere Meter senkrecht zum Hang verlaufendes Gräbchen mit etwas Verhüttungsschutt wie Schlacken und Bleimetall mit vielen verzierten Schieferplättchen aus der weiteren Umgebung. Schmelzöfen wurden nicht angetroffen, dafür aber oberhalb des Gräbchens unbekannter Funktion eine Batterie von Meilergruben, die dort vermutlich in zeitlichem Abstand zu dem Schmelzbetrieb angelegt worden waren und enorme Hitzerötungen des geologischen Untergrundes verursacht hatten. Wenn sich die Meilergruben, wie angenommen wird, im Bereich eines ehemaligen Schmelzofens befunden haben, wird von diesem nicht mehr viel übrig geblieben sein. Holzkohleproben aus Haldenschüttungen unterhalb des Grabungsplatzes legen eine Datierung in ottomanische Zeit nahe.

Grabungen wurden auch auf einer sehr ausgedehnten Schlackenhalde bei Vogaçicë/Voguçince durchgeführt, wo bei der ersten Begehung ein Tegulafragment und später eine Münze des Soldatenkaisers Probus (276-282 AD) gefunden worden waren. Durch administrative Verzögerungen war nur ein winziger Grabungsschnitt möglich (Abb. 24), der aber keine römischen Fundschichten traf, sondern älteres, aber umgelagertes Material, das über einer jüngeren Planierschicht lag, die einseitig von einem unvermörtelten Mäuerchen flankiert wurde. In einem flussaufwärts gelegenen Abschnitt der Halde besteht ein ottomanischer Friedhof, der auf der Halde angelegt wurde, also ist auch hier wieder nur die letzte Phase in ottomanischer Zeit sicher nachgewiesen.

Durch die bisherigen Begehungen und Grabungen wurden mehrheitlich Belege der jüngeren Perioden erfasst. Dies zeigt, wie weit verbreitet sich die Überbleibsel der jüngeren Phasen oberflächennah über das heutige Landschaftsbild als Zeugen umfangreicher Montanaktivitäten verteilen.

### Nordkosovo mit Trepçë/Trepča und Municipium DD

Nachdem das Hinterland von Ulpiana hinreichend erforscht war, wurden ergänzende Exkursionen auch im Nordteil des Kosovo unternommen, um einen Eindruck der dortigen Montangeschichte zu erhalten. Hierfür wurden im weiteren Umkreis um



Abb. 26: Melenicë/Meljenica: Blick in das Innere der Grube. (© Foto: G. Körlin, DBM)

die noch aktive Mine von Trepçë/Trepča zusammen mit kosovarischen Kollegen einzelne Lokalitäten besichtigt. Auf Anhieb fanden sich einige Parallelen zu unseren bisherigen Ergebnissen. Vermutlich gab es auch im Norden bronzezeitlichen Kupfererzabbau. Darauf weisen die Abbaukammern von Melenicë/Meljenica (Abb. 25 und 26) nordöstlich von Trepçë/Trepča hin.

Unweit der Mine von Trepçë/Trepča trafen wir weiteren Altbergbau jedoch wesentlich größer dimensioniert in Vidishiq/Vidišić an. Moderne Hausterrassen schneiden dort alte Bergbauhalden. Unter anderem fanden sich die letzten Spuren eines Hochtemperaturbereichs. Der zugehörige Bergbau auf einen in nördliche Richtung schräg zum Hang streichenden Erzgang befindet sich oberhalb der Halden. Dort wurde der Gang systematisch unter Aussparung stabilisierender Partien ausgeerzt. Die Hohlräume stehen noch offen. Mangels Ausrüstung musste jedoch eine systematische Befahrung unterbleiben. Gen Süden lässt sich der ausgeerzte Gang als Verhau weit den Hang auf der gegenüberliegenden Straßenseite emporreichend verfolgen. Die Erzzone erstreckt sich mit Unterbrechungen bis in die Gegend des etwa 3 km südöstlich gelegenen Dorfes Gumnishtë/Gumnishti. Dort fanden sich umfangreiche Halden (Abb. 27) mit Erzaufbereitungssteinen, wie wir sie auch aus dem Umfeld von Shashkoc/Šaškovac kennen.



Abb. 27: Blick auf einige der umfangreichen Halden in Gumnishtë/Gumnishti. (© Foto: G. Gassmann, DBM)



Abb. 28: Umzeichnung eines Bleibarrens mit der Inschrift MET DARD. (Raban 1999, S. 179)

Abb. 29/30: Soçanicë/Soçanica: Basis zweier Säulen im sog. Municipium DD mit einer Bleifassung in der Mitte. (© Fotos: G. Gassmann, DBM)



Um unsere Spurensuche abzurunden, führte auch eine Stippvisite in den Nordkosovo, wobei wir uns nur auf das Municipium DD konzentrierten und auf Feldbegehungen verzichteten. Das Municipium DD (Dardanorum) liegt 27 km nördlich von Mitrovicë/Kosovska Mitrovica bei Soçanicë/Soçanica verkehrsgünstig am Fluss Ibër/Ibar und ist umgeben von den Kopaonik- und Rogozna-Bergen, die für ihre Silber- und Goldvorkommen bekannt sind. Diese römische Stadt entwickelte sich ab den letzten Jahrzehnten des 1. Jahrhunderts n. Chr. und bestand bis in die 1. Hälfte des 4. Jahrhunderts. Bei Ausgrabungen in den 1950/60er Jahren wurden u. a. Reste des Forums, der Basilika, Horrea (Lager-/Magazingebäude) sowie ein Gräberfeld freigelegt.<sup>44</sup> Dabei kamen auch drei Inschriften zutage, in denen die Position eines Verwaltungsbeamten, der für die sich im Besitz des römischen Kaiserreichs befindlichen Edelmetallbergwerke zuständig ist, erwähnt wird, darunter ein explizit genannter procurator mm(etallorum) D(ar)d(anicorum).<sup>45</sup> Diese Bezeichnung findet sich ähnlich als Stempelung MET DARD auf Bleibarren (Abb. 28)<sup>46</sup> sowie als Legende DARDANICI auf den Münzserien der sogenannten nummi metallorum<sup>47</sup> wider. Im Gegensatz zu Ulpiana fungierte das Municipium DD daher ausschließlich als Logistikzentrum für die Metallproduktion, deren Spuren in Form von Bergbaurelikten und Verhüttungsplätzen zuhauf im Hinterland der Stadtanlage vorhanden sind.<sup>48</sup> Von den auf dem Ausgrabungsgelände angetroffenen Säulenstümpfen wurde etwas Blei aus den Verzäpfungen beprobt (Abb. 29 und 30) und analysiert (siehe Abschnitt zu den Materialuntersuchungen).

## Archäometallurgische Materialuntersuchungen

Für die archäometallurgischen Materialuntersuchungen wurde auf ein Spektrum verschiedener analytischer Methoden zurückgegriffen. Die Texturen und der Phasenbestand der untersuchten Erze und metallurgischen (Bei-) Produkte wurden mittels optischer und Rasterelektronenmikroskopie, Elektronenstrahlmikrosondenanalysen und Röntgendiffraktometeraufnahmen untersucht. Die Gesamtzusammensetzung ausgewählter Proben wurden mittels Einfachkollektor-Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (SC-ICP-MS) ermittelt. Zur Provenienzrekonstruktion wurden die Bleiisotopensignaturen von allen untersuchten Erzen, metallurgischen (Bei-) Produkten und Metallartefakten anhand von Multikollektor- (MC)-ICP-MS gemessen. Das Schmelz- und Kristallisationsverhalten ausgewählter, in ihrem Phasenbestand und Chemismus repräsentativer Schlackenproben wurde experimentell (mittels Erhitzungsmikroskopie und Differential-Thermoanalyse – Thermogravimetrie (DTA-TG)) in Kooperation mit M. Müller und D. Sergeev (FZ Jülich) bestimmt. Ein Teil der Ergebnisse der archäometallurgischen Untersuchungen der ersten Förderperiode wurde bereits veröffentlicht.<sup>49</sup>

Erze wurden bevorzugt in Kontexten mit vormodernen Bergbau- und Verhüttungsaktivitäten beprobt, um nach Möglichkeit Material für die Untersuchungen zu gewinnen, welches den historisch tatsächlich genutzten Rohstoffen entspricht. Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag auf Erzproben aus dem Bergbaurevier um Shashkoc/Šaškovac und Janjevë/Janjevo unmittelbar südöstlich von Ulpiana. Darüber hinaus wurden Erze aus Novobërdë/Novo Brdo im östlichen und aus Melenicë/Meljenica, Gemeinde Mitrovicë/Mitrovica im nördlichen Kosovo beprobt. Von letzterer Fundstelle sowie den Erzproben aus den modernen Mi-

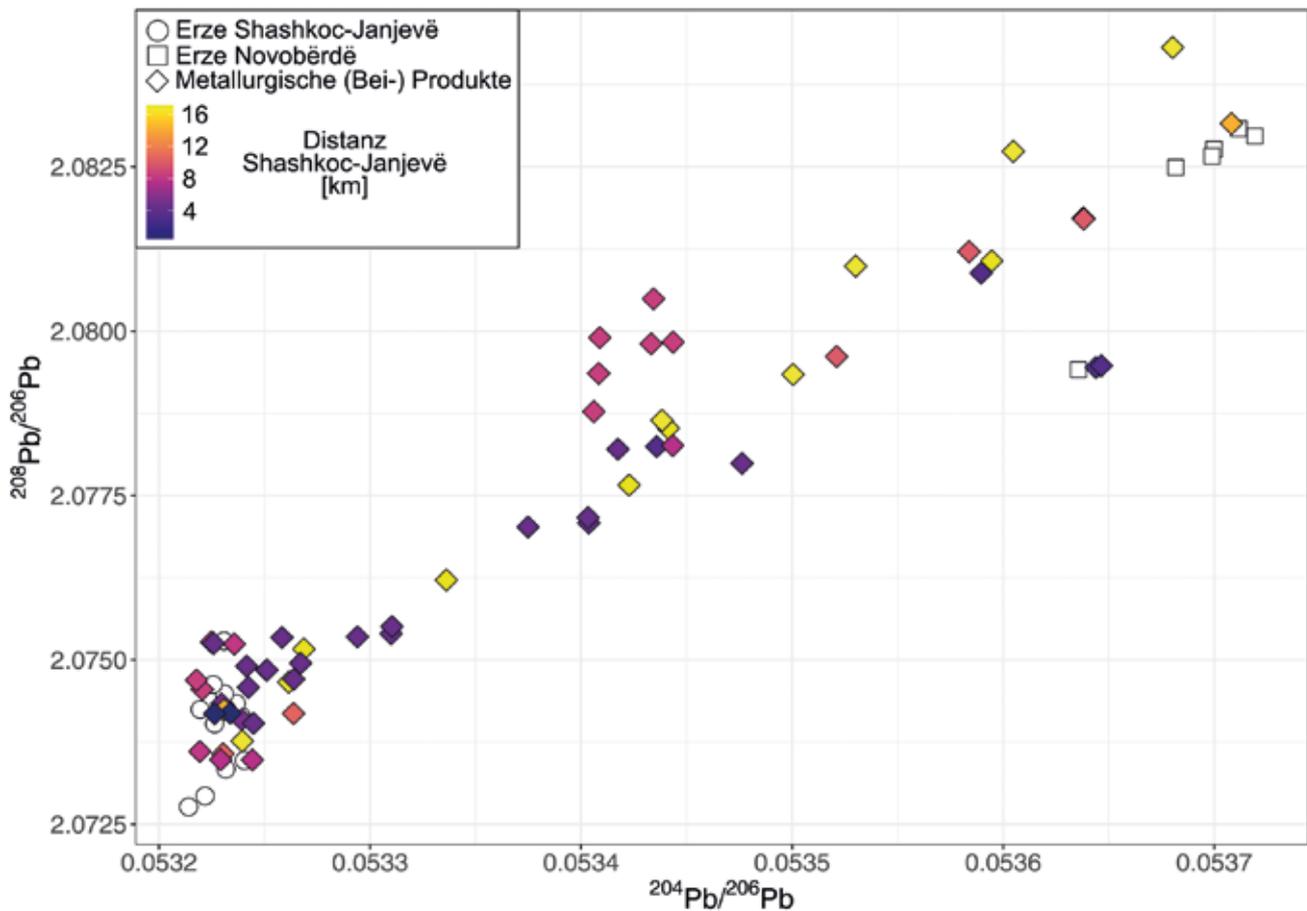


Abb. 31: Vergleich der Bleiisotopensignaturen ( $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  vs.  $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ) von Erzen aus Shashkoc/Šaškovac – Janjevë/Janjevo und Novobërdë/Novo Brdo mit denen metallurgischer (Bei-) Produkte von Verhüttungsplätzen, die sich näher an den Vererzungen von Shashkoc-Janjevë als Novobërdë/Novo Brdo befinden und somit tendenziell erstgenanntem Revier zugerechnet werden. Der doppelte analytische Fehler ( $2\sigma$ ) ist kleiner als die Größe der verwendeten Symbole.

nen bei Novobërdë/Novo Brdo wurden lediglich die Bleiisotopensignaturen bestimmt, um die Referenzdatenbank zu erweitern, da diese Erze nicht mit der historischen Metallproduktion im Untersuchungsgebiet in Verbindung stehen.

Bei den untersuchten Erzen lassen sich Blei-Zink, Eisen-Arsen (-Kupfer) und Kupfer-dominierte Varietäten unterscheiden. Die bedeutendsten Silberträger sind Galenit [PbS] sowie sogenannte Fahlerze (mittlere Zusammensetzung in den untersuchten Erzen  $\sim \text{Cu}_{9,4}\text{Fe}_{1,4}\text{Zn}_{0,7}\text{Sb}_{2,8}\text{As}_{1,0}\text{Ag}_{0,4}\text{S}_{13}$ ), welche in den Blei-Zink- und Eisen-Arsen (Kupfer)-dominierten Varietäten in unterschiedlichen Proportionen vorkommen. Die untersuchten Erze aus Janjevë/Janjevo und Novobërdë/Novo Brdo sowie Melenicë/Meljenica besitzen klar voneinander abgrenzbare Bleiisotopensignaturen mit in sich weitestgehend homogenen Daten (Abb. 31). Metallurgische (Bei-)Produkte wurden bei archäologischen Ausgrabungen ausgewählter Verhüttungsplätze, von durch Straßenverlauf und Bachläufen freigelegten Profilen und von Schlackenhalde beprobt. Eine eindeutige Datierung der metallurgischen (Bei-) Produkte erwies sich oftmals als schwierig, da stratifizierte Keramik und Holzkohlelinsen (für  $^{14}\text{C}$ -Datierungen) nur durch bereits vorhandene Profilschnitte oder archäologische Ausgrabungen zugänglich waren. Da die alten Schlackenhalde oftmals im 20. Jahrhundert abgefahren wurden, um darin enthaltene Metallgehalte (v. a. von Zink) zu extrahieren, sind viele Fundplätze nicht mehr im Originalzustand erhalten. Oberflächenfunde von datierbarem Material (d. h. insbesondere Keramik) scheinen da-

bei oftmals nicht der vollständigen tatsächlichen Nutzungszeit der Plätze zu entsprechen.

Die Datierungen der untersuchten Verhüttungsplätze reichen von der spätantiken über die mittelalterliche bis hin zur osmanischen Periode. Trotz intensiver Geländearbeiten ließen sich keine eindeutig römisch datierten Fundplätze identifizieren. Insgesamt wurden von 26 Fundplätzen Schlacken und andere metallurgische (Bei-) Produkte (Matte, Speise, Rohblei, aufbereitetes Erz) beprobt und zunächst nach optischen Kriterien am Handstück klassifiziert, um Rückschlüsse auf technologische Aspekte (Ofenkonstruktion, manuelle Extraktion von Metall etc.) zu ziehen. An Proben von 17 Fundplätzen, die aufgrund ihrer (mutmaßlichen) Datierung und/oder geographischen Nähe zu den Erzvorkommen ausgewählt wurden, wurden Analysen durchgeführt. Durch Abgleich der Bleiisotopenanalysen der Erzproben mit denen der metallurgischen Beiprodukte aus dem Untersuchungsgebiet ließen sich Rohstoffketten und geographische Zusammenhänge, d. h. Standorte der Verhüttungsplätze zu den Lieferregionen, nachvollziehen. So zeigte sich, dass Erze aus dem Revier von Shashkoc/Šaškovac – Janjevë/Janjevo teilweise zu über 15 Kilometer entfernten Verhüttungsplätzen transportiert wurden (Abb. 31). Deren Standort folgte dabei sicherlich vornehmlich den durch Bergbau und Verhüttung stetig schwindenden Waldbeständen, um gesicherten Zugang zu Holzkohle als Reduktions- und Feuerungsmittel für die Metallextraktion zu gewährleisten.

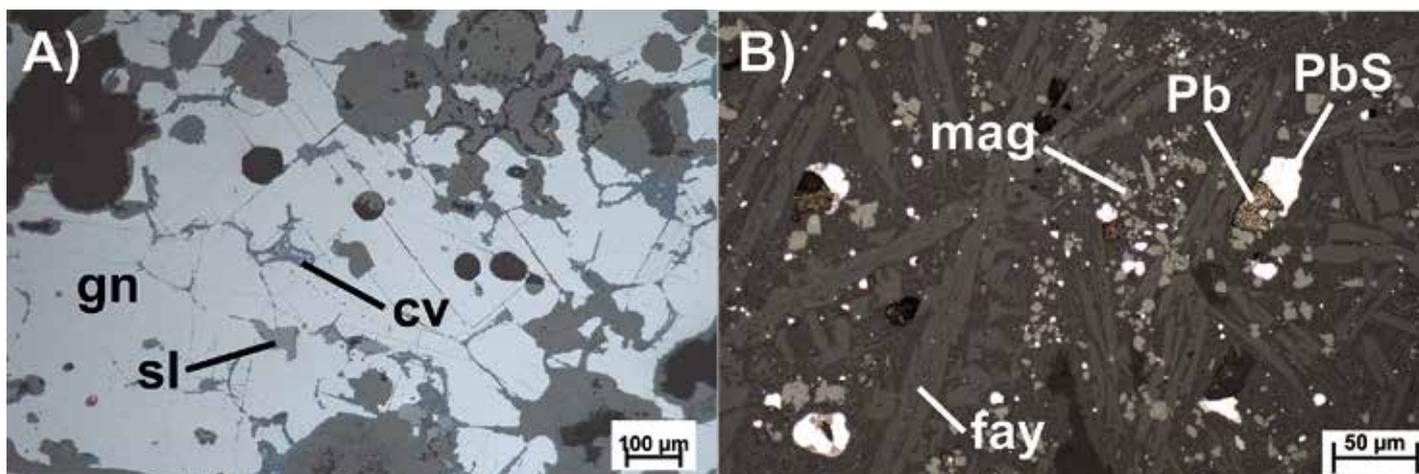


Abb. 32: Mikroskopie-Aufnahmen (Aufflicht, parallele Nichols) von einem aufbereiteten Erz und einer typischen Verhüttungsschlacke aus einem Grabungsbefund in Vogaçicë/Voguçince (Fläche 2). A) Aufbereitetes Erz (Probe 6009), bestehend hauptsächlich aus Galenit (gn) mit wenig Sphalerit (sl;  $[(Zn,Fe)S]$ ) und Covellin (cv;  $[CuS]$ ). B) Verhüttungsschlacke (Probe 6008(2)) mit Fayalit (fay)-Leisten und Magnetit (mag)-reichem Spinell (rhombenförmige Querschnitte) als Hauptbestandteilen. Die glasige Matrix in den Zwickeln enthält tröpfchenförmige Einschlüsse von Bleisulphid (PbS; mit untergeordnet Zn-Fe-Sulphiden), teilweise bereits zu metallischem Blei (Pb) reduziert, und feinkörnigen spät kristallisierten Hedenbergit und Fayalit.

Die metallurgischen (Bei-)Produkte der untersuchten Schlackenplätze lassen sich eindeutig der Verhüttung sulphidischer Erze mit teils ausgeprägt polymetallischem Charakter (erhöhte Arsen-, Antimon- und Kupfer-Gehalte) zuordnen. Zwei Erzstücke aus den Grabungsbefunden von Vogaçicë/Voguçince und Mramor belegen die Verhüttung von Bleiglanz-reichem Rohmaterial mit Silbergehalten von knapp 500 bzw. 1000 g/t (Abb. 32A). Die unterschiedlichen Edelmetallanteile sind dabei hauptsächlich auf die Güte der Aufbereitung zurückzuführen, da das Blei-Silber-Verhältnis in beiden Proben mit Werten von 755 und 798 annähernd identisch ist.

Die Schlacken des eigentlichen Reduktionsprozesses, bei dem metallisches Rohblei erzeugt wurde, besitzen zumeist deutlich erkennbare Fließstrukturen und wurden somit in der Regel im schmelzflüssigen Zustand aus dem Ofen abgelassen. Die detaillierten Analysen haben gezeigt, dass es im Laufe der Zeit in der spätmittelalterlichen/ottomanischen Periode, d. h. der Endphase der historischen Metallproduktion in der Region, zumindest an einigen der untersuchten Verhüttungsplätze zu einer Veränderung der Zusammensetzung des laut Bleiisotopenanalytik aus Shashkoc/Šaškovac – Janjevë/Janjevo bezogenen Erzes von Blei-Zink- zu Eisen-Arsen (Kupfer)-dominierten Varietäten kam. Im Fokus der Metallproduktion stand dabei aber stets die ab der mittelalterlichen Periode auch historisch belegte Gewinnung von Silber und mutmaßlich auch Gold.<sup>50</sup> Metallisches Blei fiel dabei entweder als Nebenprodukt an (bei bleireichen Chargen) oder musste bei Verhüttung Eisen-Arsen (Kupfer)-dominierter Erze möglicherweise auch als Edelmetallsammler zugesetzt werden. Aufgrund der zeitlichen Korrelation der verhütteten Erztypen, der Bedeutung von Bleiglanz als Silberträger in den lokalen Mineralisationen und des metallischen Bleis als unabdingbarer Edelmetallsammler bei der Verhüttung ist davon auszugehen, dass der Wechsel hin zu Eisen-Arsen (Kupfer)-dominierter Chargen durch die weitgehende Erschöpfung der abbaubaren Blei-Zink-reichen Vererzungen verursacht wurde. Da in der ersten Phase der Erzbildung Pyrrhotin  $[Fe_{1-x}S]$ , Arsenopyrit  $[FeAsS]$ , Chalkopyrit  $[CuFeS_2]$  und Magnetit  $[Fe_3O_4]$  ausgefällt wurden,<sup>51</sup> liegt ein Zusammenhang mit voranschreitender Tiefererstickung der Bergwerke nahe.

Trotz der lokalen Vorkommen von kupferreichen Erzen im Bergbaudistrikt von Janjevë/Janjevo lassen die untersuchten metallurgischen (Bei-) Produkte keine Anzeichen für Kupfergewinnung erkennen. Durch die Bestimmung von Phasenbestand und -chemismus sowie der Gesamtzusammensetzung der Schlacken ließen sich wichtige Erkenntnisse über die Parameter des Verhüttungsprozesses gewinnen. So kann im Allgemeinen von einer gewissen Steuerung der Ofencharge ausgegangen werden, um günstige Schlackenzusammensetzungen – d. h. leicht fließfähig und somit abstechbar, mit niedrigen Schmelztemperaturen und geringen Edelmetallverlusten – mit Fayalit  $[Fe_2SiO_4]$ -dominiertem Phasenbestand zu erzeugen (Abb. 32B). Dies dürfte aufgrund der Häufigkeit von Eisen- und Silizium-Trägern in den lokalen Vererzungen (Siderit/Eisenkarbonat, aber auch Eisensulfide wie Pyrit und Pyrrhotin sowie Quarz) relativ einfach zu bewerkstelligen gewesen sein. Nicht-fayalitische Schlacken wurden nur an wenigen Verhüttungsplätzen gefunden und enthalten Hedenbergit  $[CaFeSi_2O_6]$  oder Blei-Magnesium-Aluminium-haltigen Hardystonit  $[Ca_2ZnSi_2O_7]$ , ein Mineral der Melilitgruppe, als Hauptbestandteile. Diese Schlacken enthalten relativ viel Blei (über 15 Gew.-%), welches in oxidischer Form gebunden ist, da sie bei oxidierenden Bedingungen als die fayalitischen Schlacken gebildet wurden. Geringere Schmelztemperaturen von teilweise weit unter 1.200 °C und ein dadurch verminderter Brennstoffbedarf könnten ökonomische Argumente für eine bewusste Erzeugung dieser Schlackenchemismen sein.

Die Homogenität einzelner Schlackenstücke lässt auf weithin identische Prozessbedingungen schließen und belegt, dass die Temperaturen ausreichend für eine vollständige Reaktion der Bestandteile der Ofencharge waren. Die Abwesenheit von Prozessrückständen der Silberabtrennung deutet darauf hin, dass das Rohblei nicht an den Verhüttungsplätzen weiterverarbeitet wurde. Dieser Prozess wurde aufgrund des hohen Wertes des erzeugten Silbers offenkundig unter größerer administrativer Kontrolle als an den zumeist relativ abgelegenen Verhüttungsplätzen durchgeführt.

Während der Projektlaufzeit konnten zudem einige Bleiartefakte aus dem Gebiet des heutigen Kosovo beprobt werden. Einen Schwerpunkt bildeten dabei Objekte aus Ulpiana, die dort

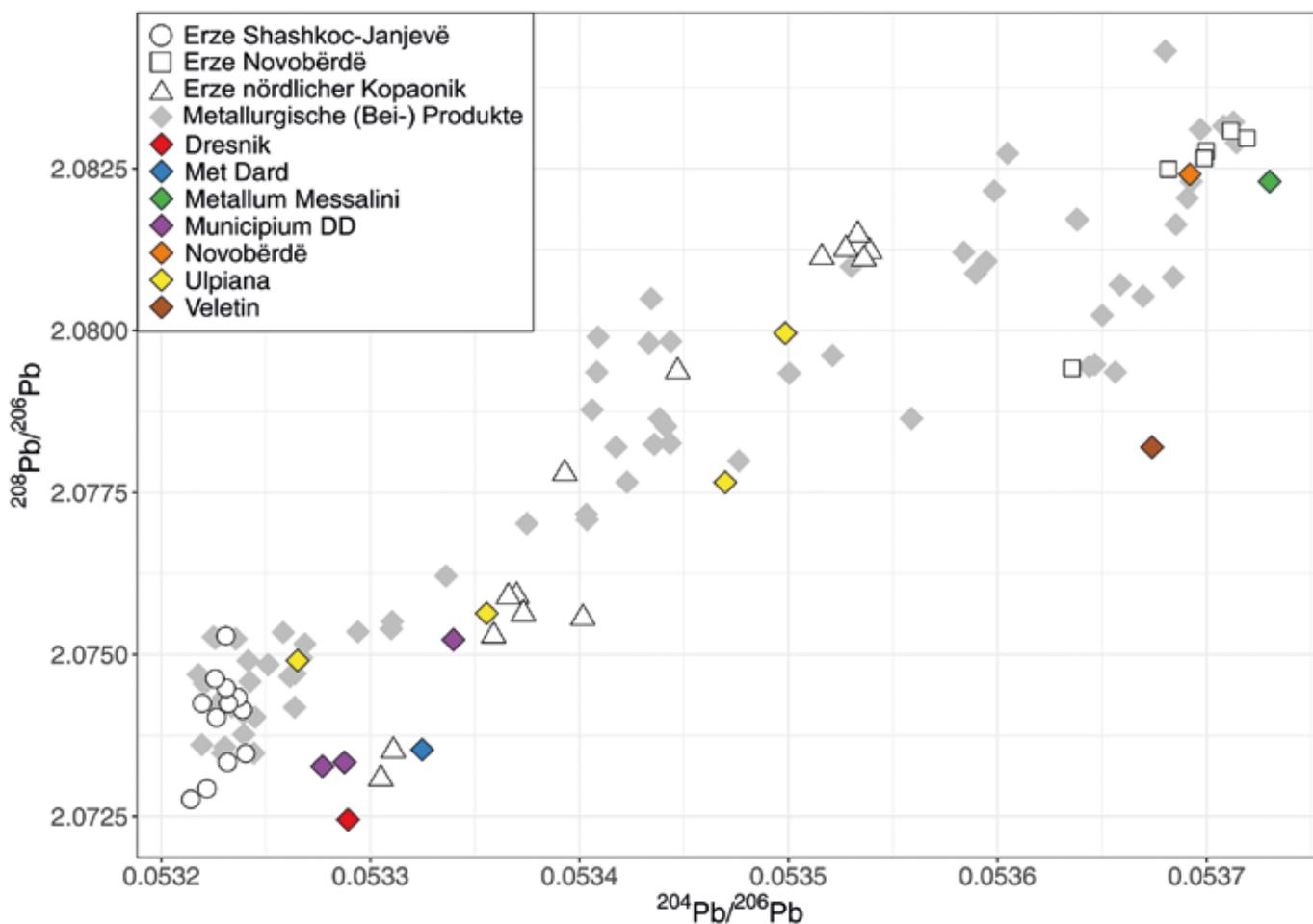


Abb. 33: Bleiisotopendiagramm ( $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  vs.  $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ) mit römzeitlichen (Ulpiana, Dresnik und Municipium DD) bzw. undatierten (Veletin bei Shashkoc und Festung von Novobërdë/Novo Brdo) Bleiobjekten und römischen Bleibarren des Metallum Messalini und Met(alla) Dard(anica) aus dem Gebiet des heutigen Kosovo im Vergleich mit regionalen Erzvorkommen und metallurgischen (Bei-) Produkten. Der doppelte analytische Fehler ( $2\sigma$ ) ist kleiner als die Größe der verwendeten Symbole.

bei archäologischen Ausgrabungen geborgen werden konnten. Die Bleiisotopensignaturen der untersuchten Objekte bewegen sich innerhalb des Spektrums der Daten der regionalen Erzvorkommen des Kosovo (Abb. 33). Auffällig viele Datenpunkte zeigen eine gute Übereinstimmung mit Vererzungen des nördlichen Kopaonik<sup>52</sup> rund um das Municipium DD (heute Sočanice/Sočanica, Gemeinde Leposaviq/Leposavić im Nordkosovo), die laut den Bleiisotopenanalysen lokaler Erze auch den Lagerstätten der kaiserzeitlichen Metalla Dardanica<sup>53</sup> entsprechen. Der Produktionsbezirk des Metallum Messalini wurde mit den Erzvorkommen um Novobërdë/Novo Brdo in Verbindung gebracht<sup>54</sup> und stellt somit einen ersten mutmaßlichen (indirekten) Nachweis für römzeitlichen Abbau dieser Lagerstätte dar. Die Provenienzanalytik mittels Bleiisotopie ermöglichte somit wichtige Erkenntnisse zur auch überregionalen Bedeutung der Region als Metalllieferant in der römischen Periode.

### Angestoßen: Eine archäologische Schutzzone

In unmittelbarer Nachbarschaft der alten Abbaue im Revier von Shashkoc/Šaškovac – Janjevë/Janjevo befindet sich ein moderner Tagebau. Dieser wird von allen Seiten von alten Pingenzügen und Gruben umrahmt. Hier ist die Kishnicë/Kišni-

ca-Mine, zum Trepçë/Trepča-Komplex gehörig, immer noch aktiv. Bis in die 1980er Jahre wurde untertage gearbeitet, heutzutage erfolgt der Abbau im Tagebau zur Bausteingewinnung. Die Mine hat dabei einige alte Abbaue angeschnitten. Da der rezente Abbau fortschreitet, ist langfristig mit der Zerstörung der alten Bergbaurelikte zu rechnen. Daher wurden vom Projektteam verschiedene Bereiche des Reviers definiert und ein „Ranking“ nach Gefährdungspotential und Bedeutung des archäologischen Befundes erstellt. Nach dem bisher gewonnenen Kenntnisstand wurde mit den Kollegen im Kosovo eine archäologische Schutzzone ausgearbeitet. Teilbereiche innerhalb der Schutzzone ließen sich mit geringem Aufwand touristisch erschließen, um exemplarisch einen Eindruck in die alte und moderne Bergbaukultur zu gewähren. Der Ausschnitt der Schutzzone ist so gewählt, dass eine für die Zukunft erwartete Wiederaufnahme des Bergbaus im Zentrum der Grube nicht beschnitten wird. Optimal wäre eine touristische Erschließung mit der Einrichtung eines kleinen Museums.

Mit dem Projekt gelang ein Einstieg in und ein erster Überblick über den alten Silbererzbergbau im heutigen Kosovo aus montanarchäologischer Sicht. Für künftige Forschungen bieten sich vielseitige Anknüpfungspunkte, um den Umfang des Altbergbaus weiter aufzuschlüsseln und die wesentlichen Schwerpunktregionen noch detaillierter zu ergründen.

## Anmerkungen

- 1 Über die Anfänge der Arbeiten, die Lage der antiken Stadt Ulpiana sowie die Forschungsgeschichte wurde bereits im Abschnitt berichtet: Gassmann/Körlin/Klein 2011. Auch wenn sich Doppelungen nicht komplett ausschließen lassen, soll hier der Fokus möglichst auf die jüngeren Ergebnisse der Forschungen gelegt werden.
- 2 Unser ausdrücklicher Dank gebührt den zahlreichen Kollegen vor Ort, die uns im Laufe des nahezu zehn Jahre laufenden Projektes unterstützt haben. Genannt werden seien stellvertretend der Leiter des Archäologischen Instituts des Kosovo, Dr. Enver Rexha, sowie seine Mitarbeiter Milot Berisha M.A., Dr. Premtim Alaj, Elvis Shala M.A. und Zana Rama M.A.. Seitens des Museums des Kosovo in Prishtinë/Priština danken wir v. a. Dr. Shafi Gashi, Izet Brajšhori und Izri Gashi für die tatkräftige Unterstützung.
- 3 Die doppelt aufgeführten Ortsnamen entsprechen den albanischen bzw. serbischen Schreibweisen.
- 4 Zusammenfassend zu der Bedeutung und historischen Einbindung der antiken Stadt Ulpiana/Iustiniana Secunda und den Aktivitäten der Römisch-Germanischen Kommission und des Archäologischen Instituts des Kosovo: Berisha et al. 2012, S. 82-88; Teichner 2015, S. 83-90.
- 5 Gassmann/Körlin/Klein 2011, S. 159f.
- 6 Hiermit danken wir Beate Sikorski herzlich für Dutzende geomagnetischer Messungen über sämtliche Kampagnen hinweg.
- 7 Körlin/Gassmann 2016, S. 195 f.; Sikorski/Matthes/Körlin/Gassmann 2022 in Vorbereitung.
- 8 Davies 1932, S. 223; Davies 1938, S. 407.
- 9 Gassmann/Körlin/Klein 2011, S. 157f.
- 10 Hießleitner 1927, S. 111; Hofmann 1893, S. 591, 597-599; Savić 1954, S. 284, 286.
- 11 Z. B. Stojković 2010; Kovačević Kojić 2014.
- 12 Zu den während der ersten Förderphase untersuchten Verhüttungsplätzen: Körlin/Gassmann 2016, S. 193 f.
- 13 Gassmann/Körlin/Klein 2011, S. 160, 163f.
- 14 U. a. Gassmann/Körlin/Klein 2011; Körlin/Gassmann 2016; Westner/Klein/Gassmann 2016.
- 15 Gassmann/Körlin/Klein 2011, S. 164, Abb. 10.
- 16 Etwas ausführlicher zum Steinbruch: Körlin/Gassmann 2016, S. 194 f.
- 17 Körlin/Gassmann 2016, S. 191.
- 18 Bei Velethin handelt es sich um die Bezeichnung eines Hügels sowie einer ehemaligen darauf liegenden kleinen Festung, angelegt auf dem höchsten Punkt in der Umgebung, auf ca. 1000 m über NN. Ausgrabungen lieferten Überreste von Siedlungsaktivitäten aus dem Neolithikum, der Eisenzeit, der Antike und dem Mittelalter. Auf einer Karte des 17. Jahrhunderts wird der Platz bereits als Ruine bezeichnet. Die ehemals vorhandenen Mauerreste wurden abgetragen. Siehe dazu Jovanović 2003-2004.
- 19 Ausführlicher zu Grube 5: Körlin/Gassmann 2016, S. 202 f.
- 20 Laut Davies 1932, S. 150, sind die eng aneinander liegenden (ehemaligen) Schächte charakteristisch für die mittelalterliche Bergbauperiode im Balkanraum und durch die relativ kleinen Dimensionen der vergebenen Abbaukonzessionen bedingt.
- 21 Körlin/Gassmann 2016, S. 191.
- 22 Ebd., S. 192.
- 23 Gassmann/Körlin/Klein 2011, S. 160. Die auf S. 163, Abb. 9, gezeigte Wanne besaß sogar einen Zulauf.
- 24 Körlin/Gassmann 2016, S. 196, Abb. 13: Die Ergebnisse der geomagnetischen Messungen des DBM mit den entdeckten (Gebäude) Strukturen. Ein Teil der Fläche war bereits bei den ersten vorbereitenden Arbeiten durch die Römisch-Germanische Kommission prospektiert worden: Teichner 2012, S. 71.
- 25 Zur Kombination der verschiedenen Messmethoden mit den Ausgrabungen siehe Sikorski/Matthes/Körlin/Gassmann 2022 in Vorbereitung.
- 26 Körlin/Gassmann 2016, S. 202. Wir danken E. Shala und S. Studniar für die Bestimmung der Keramik.
- 27 Körlin/Gassmann 2016, S. 195 f.
- 28 Ebd., S. 198 f.
- 29 Ebd., S. 199, Abb. 17.
- 30 Ausführlicher zu den beiden Schächten: ebd., S. 199-202.
- 31 Ebd., S. 198.
- 32 Weisgerber 1998, S. 194, Abb. 180; S. 165, Abb. 140 (Türstockausbau); S. 152, Abb. 110 (Schachtausbau). Ein gutes Vergleichsbeispiel einer derartigen Verbindung für den Schachtausbau aus der frühen Neuzeit stammt vom Annaberg, Ldkr. Erzgebirgskreis: Hemker/Burghardt/Hönig 2014, S. 62, Abb. 10.
- 33 Körlin/Gassmann 2016, S. 198 f.
- 34 Ebd., S. 199.
- 35 Hemker/Schröder/Hönig 2016, S. 140.

- 36 Weisgerber 1998, S. 163 f., 177.
- 37 Sikorski/Matthes/Körlin/Gassmann in Vorbereitung.
- 38 Z. B. im römischen Azuritbergbau in Wallerfangen/Saar konnten mehrere runde Schächte mit einem Durchmesser von ca. 1 m aus dem 3./4. Jahrhundert n. Chr. freigelegt werden. Zuletzt: Körlin 2021. Vergleichbare Maße, ca. 1,15-1,25 m im Durchmesser, besitzen die römischen Schächte aus Kordel-Butzweiler bei Trier: Schindler 1968, S. 130.
- 39 Gassmann/Körlin/Klein 2011, S. 163-165, Abb. 13.
- 40 Als Speise wird eine bei pyrometallurgischen Prozessen als Beiprodukt anfallende Legierung, die zumeist vornehmlich aus Eisen, Kupfer und Arsen besteht, daneben aber auch bedeutende Gehalte an Antimon, Nickel, Kobalt, Zinn und Silber führen kann, bezeichnet.
- 41 Siehe auch Alaj 2019, S. 207 ff.; Čerškov, 1969, S. 107.
- 42 Savić 1954, S. 291.
- 43 Berisha 2012, S. 93.
- 44 Čerškov 1970; zusammenfassend Berisha 2012, S. 61.
- 45 Čerškov 1970, S. 87; Hirt 2010, S. 131.
- 46 Raban 1999, S. 179 f.
- 47 Škegro 1995, S. 176.
- 48 Bogosavljević-Petrović 2006, S. 136; Čerškov 1970, Anhang I.
- 49 Westner 2017; Westner/Gassmann/Klein/Körlin 2017; Westner/Klein/Gassmann 2016.
- 50 Kovacevic 1960, Bildtafel; Ćirković 1981, S. 48; Bojović 2005, S. 1291f.
- 51 Hyseni/Alliu 1999, S. 66.
- 52 Literaturdaten von Veselinović-Williams 2011, S. 173.
- 53 Raban 1999, S. 179 f.
- 54 Rothenhöfer/Bode/Hanel 2018, S. 36 f.

## Bibliografie

- ALAJ, Premtim:  
2019 Les habitats de l'âge de fer sur le territoire de l'actuel Kosovo [Dissertation]. L'Université Lumière Lyon 2019
- BERISHA, Milot:  
2012 Archaeological Guide of Kosovo, Prishtina 2012  
BERISHA, Milot/DRAFEHN, Anselm/GASHI, Shafi/GAUSS, Roland/HELFFERT, Markus/LUCI, Kemajl/LÜTH, Friedrich/MERTL, Patrick/REICHLER, Sabrina/SCHAFFERER, Georg/TEICHNER, Felix/WENDLING, Holger:  
2012 Archäologisch-geophysikalische Prospektion im Kosovo – Erste Resultate einer bilateralen Forschungskoooperation, in: Archäologischer Anzeiger 2 (2012), S. 65-92
- BOGOSAVLJEVIĆ-PETROVIĆ, Vera:  
2006 Continuity of metallurgy in the Ibar valley, in: Metalurgija 12, H. 2-3 (2006), S. 129-144
- BOJOVIĆ, Boško:  
2005 Entre Venise et l'Empire ottoman, les métaux précieux des Balkans (XVe-XVIe siècle), in: Annales. Histoire, Sciences Sociales 60, H. 6 (2005), S. 1277-1297
- ČERŠKOV, Emil:  
1969 Rimljani na Kosovu u Metohiji/Les Romains en Kosovo et Metohija/Romaket ne Kosove e Metohi (Serbisch mit französischer und albanischer Zusammenfassung), Belgrad 1969  
1970 Municipium DD kod Sočanice/Municipium DD at Sočanica (Serbisch mit englischer Zusammenfassung), Priština-Belgrad 1970
- ĆIRKOVIĆ, Sima:  
1981 The production of gold, silver, and copper in the central parts of the Balkans from the 13th to the 16th century, in: Kellenbenz, Hermann (Hg.): Precious metals in the age of expansion: Papers of the XIVth International Congress of the Historical Sciences, S. 41-69
- DAVIES, Oliver:  
1935 Roman Mines in Europe, Oxford 1935  
1938 Ancient mining in the central Balkans, in: Revue internationale des études balkaniques 6 (1938), S. 405-418
- GASSMANN, Guntram/KLEIN, Sabine/KÖRLIN, Gabriele:  
2015 The roman mines near Ulpiana, Kosovo, in: Hauptmann, Andreas/Modarressi-Tehrani, Diana (Hg.): Archaeometallurgy in Europe III (Anschnitt Beiheft 26; Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 202), Bochum 2015, S. 33-43
- GASSMANN, Guntram/KÖRLIN, Gabriele/KLEIN, Sabine:  
2011 Römischer Erzbergbau im Umfeld der antiken Stadt ULPIANA bei Priština (Kosovo), in: Der Anschnitt 63 (2011), S. 157-167
- HEMKER, Christiane/BURGHARDT, Ivonne/HÖNIG, Heide:  
2014 Annaberg revisited – Archäologische Beobachtungen zum Altbergbau in Annaberg, in: Landesamt für Archäologie Sachsen (Hg.): ArchaeoMontan 2013 (Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege, 28), Dresden 2014, S. 55-63

- HEMKER, Christiane/SCHRÖDER, Frank/HÖNIG, Heide:  
2016 Alles anders in Niederpöbel? Vergleichende Untersuchungen zu den mittelalterlichen Bergwerken von Dippoldiswalde und Niederpöbel im Osterzgebirge, in: *Der Anschnitt* 68 (2016), S. 126-146
- HIEßLEITNER, Gustav:  
1927 Das Bergbaugesamt (Pb, Zn, S, Au, Ag) von Janjevo am Amsfeld in Nordmazedonien/SHS, in: *Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch* 75, H. 3 (1927), S. 106-114
- HIRT, Alfred Michael:  
2010 Imperial mines and quarries in the Roman world: Organizational aspects 27 BC-AD 235, Oxford 2010
- HOFMANN, Rafael:  
1893 Die Burgruine Novo Brdo und Umgebung im Vilajet Kossovo, in: *Mitteilungen der kaiserlich-königlichen geographischen Gesellschaft in Wien* 36 (1893), S. 126-146
- HYSENI, Sylejman/ALLIU, Illir:  
1999 Veçorite gjeologjike dhe metalogjenike te fushes xeherore Hajvali-Badovci-Kishnice (Kosove)/Geological and metallogenic features of the Hajvali-Badovci-Kishnice ore field (Kosovo) (Albanisch mit englischer Zusammenfassung), in: *Buletini i Shkencave Gjeologjike* 1 (1999), S. 59-66
- JOVANOVIĆ, Vojislav:  
2003 Fortified settlement Veletin, in: *Starinar* LIII-LIV (2003-2004), S. 139-161
- KOVAČEVIĆ, Desanka:  
1960 Dans la Serbie et la Bosnie médiévales: Les mines d'or et d'argent, in: *Annales. Histoire, Sciences Sociales* 15, 2 (1960), S. 248-258
- KOVAČEVIĆ KOJIĆ, Desanka:  
2014 On the Composition and Processing of Precious Metals Mined in Medieval Serbia, in: *Balkanica* XLV (2014), S. 97-106
- KÖRLIN, Gabriele, mit einem Beitrag von KIRNBAUER, Thomas:  
2021 Der Letzte macht das Licht aus. Zum Abschluss der Arbeiten im römischen Stollen Bruss in Wallerfangen/Saar, in: *Der Anschnitt* 73 (2021), S. 2-19
- KÖRLIN, Gabriele/GASSMANN, Guntram:  
2016 Der römische Bergbau und die Metallverarbeitung im Hinterland der antiken Stadt Ulpiana (Kosovo). Ein Zwischenbericht, in: *Körlin, Gabriele/Prange, Michael/Stöllner, Thomas/Yalcin, Ünsal (Hg.): From Bright Ores to Shiny Metals. Festschrift for Andreas Hauptmann on the Occasion of 40 Years Research in Archaeometallurgy and Archaeometry (Der Anschnitt, Beiheft 29; Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 210), Bochum 2016, S. 187-204*
- RABAN, Avner:  
1999 The lead ingots from the wreck site (area K8), in: *Holum, Kenneth/Raban, Avner/Patrich, Joseph (Hg.): Herod's temple, the provincial governor's praetorium and granaries, the later harbor, a gold coin hoard, and other studies: Vol. Caesarea Papers*, S. 179-188
- ROTHENHÖFER, Peter/BODE, Michael/HANEL, Norbert:  
2018 Metallum Messallini – A New Roman Lead Ingot from the Danube Provinces, in: *Metalla* 24 (2018), S. 33-38
- SAVIĆ, Miron:  
1954 Шлакишта на Новом Брду и Качиколу/Les scories de Novo Brdo et de Kačikolo (Serbisch mit französischer Zusammenfassung), in: *Starinar* V-VI (1954-55), S. 283-294
- SCHINDLER, Reinhard:  
1968 Die römischen Kupferstollen von Wallerfangen und Kordel-Butzweiler, in: *Zeitschrift für Erzbergbau und Metallhüttenwesen* 21 (1968), S. 126-131
- SIKORSKI, Beate/MATTHES, Barbara/KÖRLIN, Gabriele/GASSMANN, Guntram:  
2022 First prospect – then dig! Investigations of Mining and Metallurgical Features in Kosovo, in: *Metalla* 26/2 (2022) (in Vorbereitung)
- ŠKEGRO, Ante:  
1994 Rimski rudnički novac/Römisches bergmännisches Geld (Kroatisch mit deutscher Zusammenfassung), in: *Opuscula archaeologica* 18, H. 1 (1994), S. 173-180
- STOJKOVIĆ, Milan D.:  
2010 Saxon miners in Serbian medieval laws and written texts, in: *Mining History: The Bulletin of the Peak District Mines Historical Society* 17, 5 (2010), S. 49-54
- TEICHNER, Felix:  
2012 Die römisch-byzantinische Stadtanlage Ulpiana bei Gračanica (Kosovo), in: *Archäologie in Deutschland* 3 (2012), S. 71
- 2015 ULPIANA – IUSTINIANA SECUNDA (Kosovo): Das urbane Zentrum des dardanischen Bergbaubezirks, in: *Ephemeris Napocensis*, XXV, Bukarest 2015, S. 81-93
- VESELINOVIĆ-WILLIAMS, Milica:  
2011 Characteristics and origin of polymetallic mineralisation in the Ko-
- paonik region of Serbia and Kosovo, with particular reference to the Belo Brdo Pb-Zn (Ag) deposit [Dissertation], Kingston University London 2011
- WEISGERBER, Gerd:  
1998 Montanarchäologische Untersuchungen auf dem Altenberg. – Zum mittelalterlichen Berg- und Hüttenwesen im Siegerland, in: *Dahm, Claus/Lobbedey, Uwe/Weisgerber, Gerd (Hg.): Der Altenberg. Bergwerk und Siedlung aus dem 13. Jahrhundert im Siegerland (Denkmalpflege und Forschung in Westfalen, 34, Vol. 1), Bonn 1998, S. 133-219*
- WESTNER, Katrin Julia:  
2017 Roman mining and metal production near the antique city of ULPIANA (Kosovo) [Dissertation] Goethe-Universität Frankfurt 2017
- WESTNER, Katrin Julia/GASSMANN, Guntram/KLEIN, Sabine/KÖRLIN, Gabriele:  
2017 Technological changes in mining and metallurgy from Roman to medieval times: evidence from a Pb-Ag (-Cu) ore district in central Kosovo, in: *Montero Ruiz, Ignacio/Perea, Alicia (Hg.): Archaeometallurgy in Europe IV, Proceedings, Madrid 2017*, S. 249-257
- WESTNER, Katrin Julia/KLEIN, Sabine/GASSMANN, Guntram:  
2016 Roman to medieval precious and base metal smelting near Ulpiana (Kosovo): Evidence for complex multistage extraction of silver, in: *Körlin, Gabriele/Prange, Michael/Stöllner, Thomas/Yalcin, Ünsal (Hg.): From Bright Ores to Shiny Metals. Festschrift for Andreas Hauptmann on the Occasion of 40 Years Research in Archaeometallurgy and Archaeometry (Der Anschnitt, Beiheft 29; Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 210), Bochum 2016, S. 205-218*

## Anschriften der Verfasserinnen und Verfasser

Dr. Guntram Gassmann  
Landesamt für Denkmalpflege  
im Regierungspräsidium Stuttgart  
Referat 84.1 Denkmalforschung  
Berliner Straße 12  
73728 Esslingen am Neckar

Prof. Dr. phil. nat. Sabine Klein  
Ruhr-Universität Bochum  
Institut für Archäologische Wissenschaften  
zgl.  
Forschungsbereichsleiterin Archäometallurgie  
Deutsches Bergbau-Museum Bochum  
Am Bergbaumuseum 31  
44791 Bochum

Dr. Gabriele Körlin  
Deutsches Bergbau-Museum  
Forschungsbereich Montanarchäologie  
Am Bergbaumuseum 31  
44791 Bochum

Dr. Barbara Matthes  
Internationales Studienzentrum (ISZ)  
Universität Heidelberg  
Im Neuenheimer Feld 684  
69120 Heidelberg

Dr. Katrin Westner  
Laboratoire de Géologie de Lyon: Terre, Planètes, Environnement  
UMR CNRS 5276 (CNRS, ENS, Université Lyon1, UJM)  
Ecole Normale Supérieure de Lyon  
46, Allée d'Italie  
69364 Lyon cedex 07