

Buntmetallurgische Werkstätten in mittelalterlichen Bergbaustädten im Erzgebirge

Matthias Schubert

In mittelalterlichen Bergbaustädten finden sich immer wieder Hinterlassenschaften, die von buntmetallurgischen Werkstätten zeugen. Überreste von technischen Anlagen, Funde der Metallurgiekette (wie Erze und Schlacken) oder technische Keramik werfen immer wieder die Frage nach metallurgischen Tätigkeiten auf, die innerhalb der Bergbausiedlungen erfolgten. Ausgehend von der Ressource Erz, das mühsam unter Tage gewonnen werden musste, hin zum Metall sind die verschiedensten Arbeitsschritte und Produktionsstätten erforderlich.¹ In erster Linie stand das Gewinnen von Silber im Vordergrund, das wiederum auch andere metallurgische Gewerke mit bedingt und hervorbringt.

Nachdem das erzhaltige Gestein bereits unter Tage vorsortiert wurde, musste es über Tage weiter aufbereitet werden – zerkleinert und von taubem Material getrennt, gewaschen, gemahlen und gegebenenfalls auch geröstet. Anschließend erfolgte die Verhüttung, also das eigentliche Schmelzen des aufbereiteten Erzes zu einem Zwischenprodukt, dem sogenannten Werkblei. Dieser Arbeitsschritt wird, unter der Annahme, dass in der näheren Umgebung eine Wasserquelle vorhanden war, vorzugsweise außerhalb der Siedlungen und an Bachläufen stattgefunden haben.² Für das Betreiben von Erzmühlen oder Blasebälgen konnten die Hüttenleute dort von der Kraft des Wassers profitieren. War dies nicht der Fall, ist der Prozess der Verhüttung wohl auch in unmittelbarer Umgebung der Siedlungen zu erwarten, um sich etwa unnötige Transportwege von den Bergwerken zu sparen. Als alternative Antriebskraft einer Erzmühle konnten durchaus Pferde eingesetzt werden, und das Betreiben der Blasebälge für das Schmelzen der Erze ist sicherlich auch durch menschliche Muskelkraft zu kompensieren gewesen.³ Die eigentliche Trennung des Silbers von Blei erfolgte abschließend durch den sogenannten Treib- oder auch Kupellationprozess,⁴ der wiederum innerhalb der Siedlungen zu vermuten ist.⁵

Zwischen den einzelnen Arbeitsprozessen von der Erzgewinnung bis zum Endprodukt wurde auch immer wieder „probiert“. Die Probierkunst stellt dabei wohl eines der ältesten der Menschheit bekannten Analyseverfahren dar, bei der kleine Mengen von Erz oder Metall verschmolzen werden, um deren Metallgehalt zu ermitteln.⁶ Zu diesen einzelnen Arbeitsschritten der Metallgewinnung und -verarbeitung konnten jüngst neue Erkenntnisse für das sächsische Erzgebirge gewonnen werden. Die Ergebnisse archäologischer Untersuchungen in den Bergbaustädten Dippoldiswalde und Freiberg erlauben Rückschlüsse auf bestimmte metallurgische Tätigkeiten innerhalb der mittelalterlichen Bergbausiedlungen (Abb. 1). Ergänzend mit den Befunden und Funden der Bergstadt Bleiberg auf dem Treppenhauer, die im Besonderen seit den späten 1970er Jahren von Wolfgang Schwabenicky⁷ umfassend untersucht worden ist sowie durch Hauke Kenzler⁸ von 2005 bis 2007, soll ein Einblick über buntmetallurgische Gewerke in diesen drei bedeutenden Bergbaustädten des sächsischen Erzgebirges gegeben werden.

Mit den Untersuchungen auf dem Treppenhauer wurden für Sachsen erstmals mittelalterliche Besiedlungsspuren und Anlagen der Erzgewinnung und -aufbereitung in unmittelbarer Nähe zueinander nachgewiesen (Abb. 1). Bereits hier zeigte sich, dass auch innerhalb der mit einem Wall-Graben-System umgebenen Bergstadt Bleiberg metallurgische Gewerke ansässig gewesen sind, die eigentliche Verhüttung der geförderten Erze jedoch im Zschopautal zu vermuten ist. Innerhalb der Siedlung traten ausschließlich Schmiedeschlacken, jedoch keine Verhüttungsschlacken

1 Verhüttungsschema für Blei-/Silbererze nach Bachmann 1993; Goldenberg u.a. 1996, 31, Abb. 7.

2 Hrubý 2011, 301; Schwabenicky 2009, 225.

3 Sperl 1993, 463, Abb. 2.

4 Bachmann 1993, 34–36.

5 Schwabenicky 2009, 225.

6 Adam-Staron 2005, 6.

7 Schwabenicky 2009.

8 Kenzler 2008.

Buntmetallurgische Relikte aus der wüsten Bergstadt Bleiberg auf dem Treppenhauer

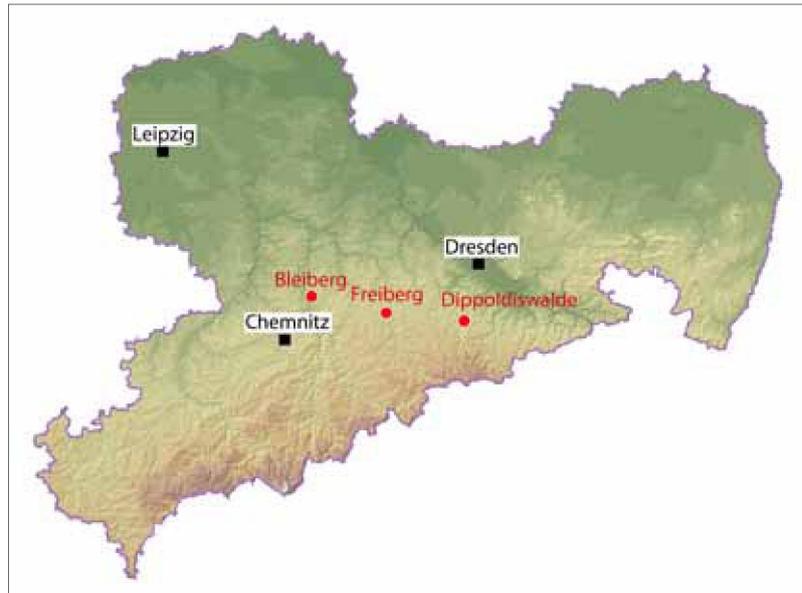


Abb. 1: Sachsenkarte mit den Bergbaustädten Bleiberg, Freiberg und Dippoldiswalde.

zutage.⁹ Dagegen wurde mit dem Fundplatz in der Gemarkung Waldstück Kohlung eine Schlackenhalde lokalisiert, die eindeutig Schlacken der Bleierzverhüttung aufweist.¹⁰ Inmitten der Bergbausiedlung auf dem Treppenhauer waren die freigelegten steinernen Öfen zumeist ebenerdig angelegt worden, hatten einen U-förmigen Aufbau und waren mit Rollsteinen überkuppelt. Eine multifunktionale Nutzung dieser Öfen, die primär wohl eher hauswirtschaftliche Funktion (Heizen und Kochen) hatten, jedoch in kleinerem Maß auch für pyrometallurgische Zwecke dienten, wird aufgrund der in unmittelbarer Umgebung der Öfen gefundenen Schlacken, Bleiglätte, Metallstücke und Bruchstücke technischer Keramik angenommen.¹¹ Insbesondere Objekt 6E/O3 mit auffällig kleinem Feuerraum von nur 0,4×0,6 m deutet Schwabenicky als Probierofen oder auch Feinbrennofen.¹² Auf das Probierwesen weisen zudem auch vereinzelte Keramikfragmente, die an der Innenseite deutliche Verschlackungen als Rückstand metallurgischer Prozesse aufweisen und höchstwahrscheinlich als Probiergefäße gedient haben.¹³

In der Grabungskampagne von 2005 bis 2007 wurde eine weitere technische Anlage erfasst und als mutmaßlicher Röstofen gedeutet.¹⁴ Ergänzend mit einem Röstbett aus der Grabung Schwabenicky zeigt sich, dass dieser Arbeitsschritt der Erzaufbereitung auch innerhalb der Siedlung stattgefunden hat.¹⁵ Durch das Rösten soll das zerkleinerte Erz zur weiteren Verarbeitung mürbe gemacht und unerwünschte Bestandteile verdampft werden. Neben Funden von Bleiglätte lässt eine Herdstelle, die während der Untersuchungen von Schwabenicky freigelegt wurde, einen direkten Zusammenhang mit der Silbergewinnung (Treibprozess) vermuten. Durch den Treibprozess erfolgte die endgültige Trennung des Silbers von einem silberhaltigen Werkblei, bei dem Bleiglätte als Nebenprodukt anfällt. Für die ebenerdige Herdstelle (Objekt 6D/O1), die einen rot verzierten Bereich aufweist und mit hochkant aufgestellten Steinen umgeben war, finden sich im Harz am Johanneser Kurhaus bei Clausthal-Zellerfeld entsprechende Parallelen.¹⁶ Auf einer in Form und Größe entsprechend vergleichbaren Herdplatte aus dem Harz, die ebenso mit hochaufgestellten Steinen eingefasst war, konnten Bleioxidablagerungen nachgewiesen werden, die eine Silbergewinnung in Form des Treibprozesses nahelegt.¹⁷ Analog kann für die Herdstelle vom Treppenhauer (Objekt 6D/O1) eine vergleichbare Funktion der Silbergewinnung vermutet werden.

Diese exemplarisch aufgezeigten technischen Anlagen aus der Bergstadt Bleiberg belegen somit gewisse metallurgische Tätigkeiten innerhalb der Bergbausiedlung, wie das Probierwesen oder das Rösten als

9 Schwabenicky 2009, 154.

10 Schwabenicky 2009, 87–90, 155 f.; ders. 2011, 15; Eckstein u.a. 1994, 124 f.

11 Schwabenicky 2009, 57 und 232.

12 Schwabenicky 2009, 84 f.; ders. 2011, 16, Abb. 20.

13 Schwabenicky 2009, 138, Abb. 278 und 279.

14 Kenzler 2008, 270 f., Abb. 5 und 6.

15 Schwabenicky 2009, 86.

16 Schwabenicky 2009, 84, Abb. 188 und 189; ders. 2011, 16, Abb. 19.

17 Alper 2003, 107–111, Abb. 47–50.

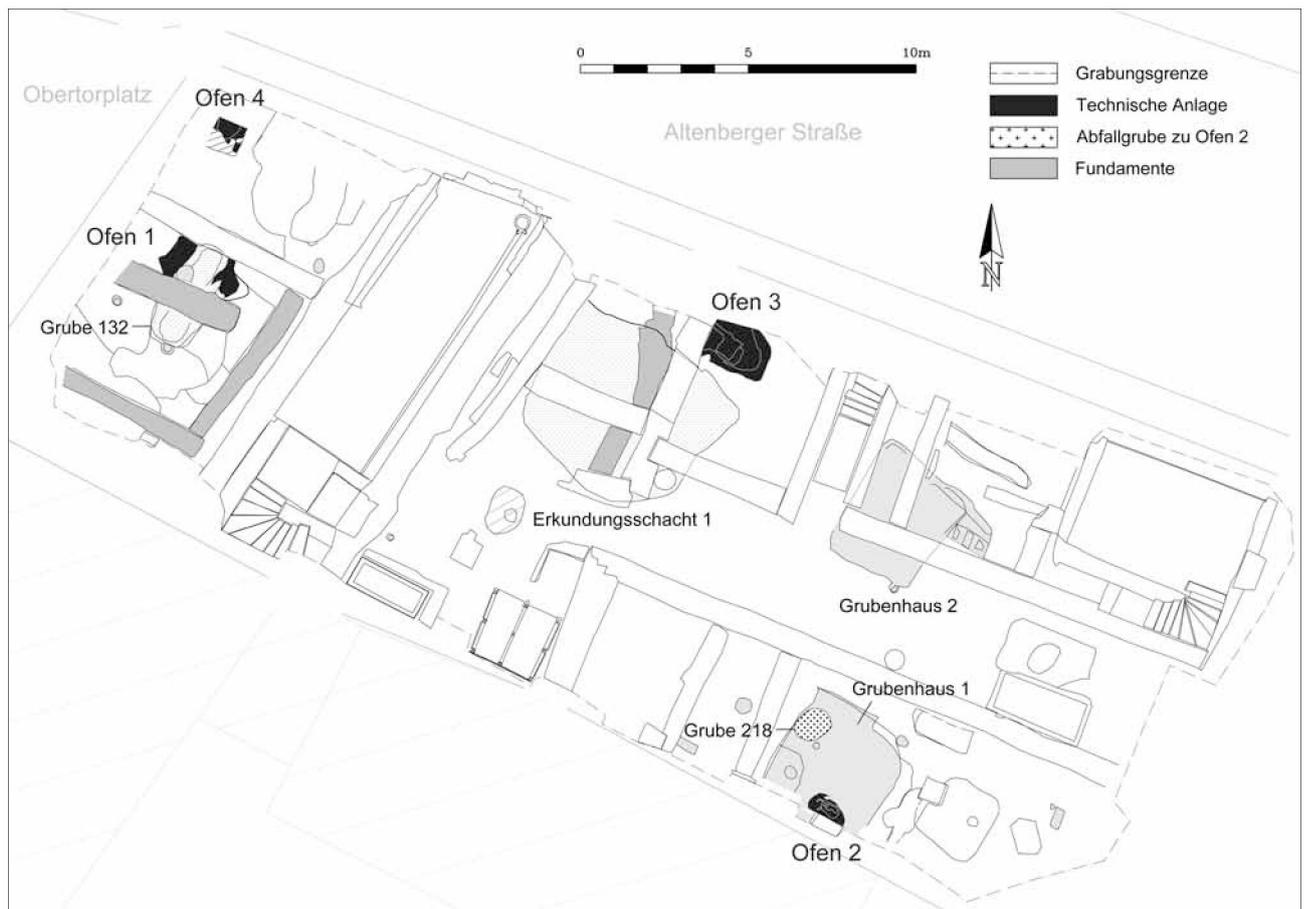


Abb. 2: Dippoldiswalde, DW-31. Übersichtsplan der Grabung „Roter Hirsch“.

pyrometallurgischer Arbeitsschritt in der Erzaufbereitung. Vermutlich war auch metallverarbeitendes Gewerbe im eher kleinerem Maßstab ansässig. Durch Parallelen mit dem Harz kann ebenfalls die endgültige Trennung des Silbers vom Blei direkt in der Siedlung angenommen werden.

Seitdem bei der Verwahrung eines Tagesbruchs 2008 hochmittelalterlicher Silberbergbau nachgewiesen werden konnte, spielt die Montanarchäologie in Dippoldiswalde eine ganz besondere Rolle. Durch die entstandene Kooperation des Landesamts für Archäologie mit dem Sächsischen Oberbergamt ergibt sich seither die Möglichkeit im Rahmen des Archaeo-Montan-Projekts, mittelalterliche Bergbaus Spuren untertägig zu erkunden.¹⁸ Bis vor kurzem konnten nur wenige obertägige Untersuchungen inmitten des Bergbauareals durchgeführt werden;¹⁹ dies änderte sich 2013, als vor den einstigen Toren der Stadt Dippoldiswalde der Nachweis einer hochmittelalterlichen Bergbausiedlung gelang, in der die Bergleute mit Ihren Familien in unmittelbarer Umgebung ihrer Bergwerke gelebt haben.²⁰

Auf dem Gelände des ehemaligen Gasthauses „Roter Hirsch“ traten im Zuge einer Rettungsgrabung neben charakteristischen Siedlungsbefunden, in erster Linie sind hier zwei Grubenhäuser zu nennen, auch solche zutage, die technischen Prozessen zuzuordnen sind und den Ablauf der Weiterverarbeitung der abgebauten Erze verdeutlichen (Abb. 2). Diese unterschiedlich stark veriegelten Objekte wurden als technische Anlagen erkannt, die von verschiedenen Arbeitsabläufen innerhalb der Bergbausiedlung zeugen. Geochemische Untersuchungen an Bodenproben aus und in der Umgebung dieser Befunde deuten darauf hin, dass die als Ofen 1, 2, 3 und Grube 132 bezeichneten Objekte mit buntmetallurgischen Prozessen in Zusammenhang stehen.²¹ Mit Ofen 2 und 3 (Abb. 3 und 4) waren zwei der Anlagen in Dimension und Aufbau annähernd vergleichbar und können aufgrund von deponiertem Fundmaterial aus ofennahen

Bergstadt Dippoldiswalde – Grabung „Roter Hirsch“

¹⁸ Hemker 2012; dies. 2013a; dies. 2013b; Hemker/Hoffmann 2009; Hönig/Lentzsch 2014.

¹⁹ Hemker/Hoffmann 2009, 108; Hemker/Pilz 2011, 129.

²⁰ Schubert/Wegner/Herbig 2014; Schubert/Wegner 2015.

²¹ Hruby/Maly/Schubert 2014, 205 f. und 207, Tab. 4 und 5; Hruby/Maly/Schubert 2015, 247, Tab. 2.

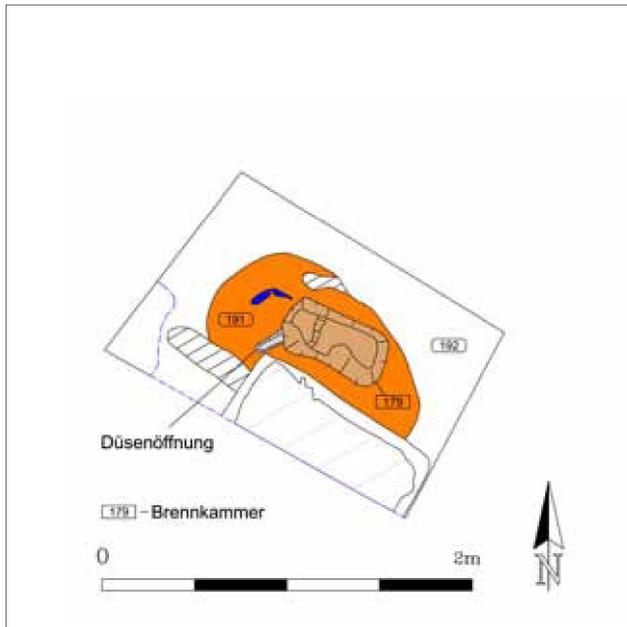


Abb. 3: Umzeichnung Ofen 2.

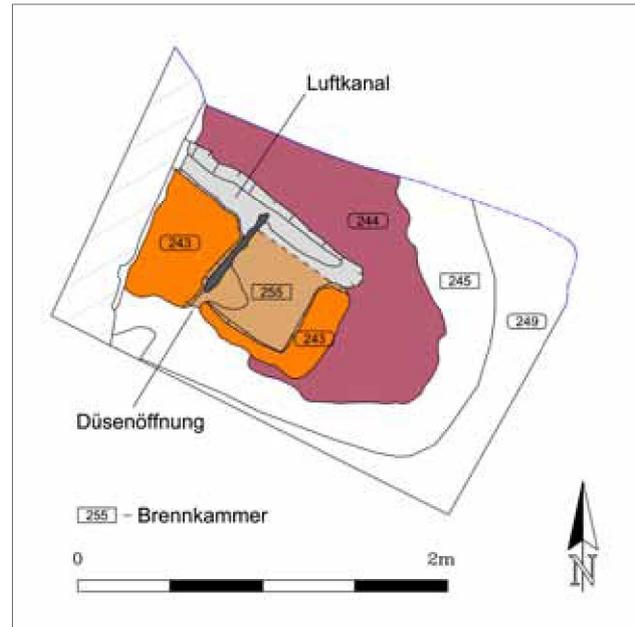


Abb. 4: Umzeichnung Ofen 3.



Abb. 5: Technische Keramik mit Schmelzresten aus Abfallgrube 218.

Abb. 6: Bleiglätte aus Abfallgrube 218.



Abfallgruben, aber auch geochemischen Untersuchungen, vermutlich dem Arbeitsprozess des Probierens von Silbererzen zugeordnet werden.²² Es handelt sich jeweils um flachmuldenförmig eingetiefte Gruben, die mit stark schluffigem Lehm ausgekleidet und in die eine Brennkammer eingetieft ist. An der Südwestecke der Brennkammer findet sich bei beiden Anlagen eine Düsenöffnung für die externe, punktuell regelbare Luftzufuhr eines oxidierend geführten Prozesses. Für Ofen 2 lässt sich die Deutung als Probierofen demonstrativ darlegen. Der Ofen setzt sich aus der unterschiedlich stark verziegelten Ofenauskleidung und der 0,4×0,25 m großen Brennkammer 179 zusammen (Abb. 3). Zwei im rechten Winkel zueinander aufrecht stehende Bruchsteine aus Gneis sind vermutlich im Zusammenhang mit der Düsenöffnung im Südwesten zubeachten, die für die externe Luftzufuhr sorgte. An Brennkammer 179 ist durch die rötliche Verfärbung im Bereich der Düse der höchste Verziegelungsgrad festzustellen, demnach wurden dort vermutlich die höchsten Temperaturen erreicht. Die Funktion des Ofens ergibt sich durch das Fundmaterial der zugehörigen Abfallgrube 218, die unmittelbar nördlich von Ofen 2 liegt und in der offenbar der Produktionsabfall deponiert wurde (Abb. 2). Aus dem Verfüllmaterial der Grube stammen neben viel Holzkohle auch Fragmente von Probiergefäßen (Abb. 5), Bleiglätte (Abb. 6) und wenige Schlackestücke.

Diese unweit deponierten Abfallprodukte von Ofen 2 erlauben es, auf die Funktion der Anlage zu schließen – höchstwahrscheinlich ist der Ofen dem Probierwesen zuzuordnen. Die geborgenen Probiergefäßfragmente sind an der Innenseite verschlackt oder weisen bräunliche Glasuren auf (Abb. 5). Sie wurden zur Bestimmung des Silbergehalts von Erzen oder Metallen eingesetzt. Dabei stellen die Verschlackungen Reste von Bleioxid dar, das sich durch Verwitterung im Boden zu weißgrauem Bleikarbonat verändert hat. Die Spuren von bräunlicher Glasur entstehen dadurch, dass die Bleischmelze mit dem im Ton enthaltenen Siliciumdioxid (SiO₂) reagiert.²³ Einige Fragmente der Probiergefäße deuten auf das sogenannte „Ansieden“ als einen ersten Schritt des Verbleiens innerhalb eines Probierprozesses, bei dem das zu testende Erz oder Metall in flachen offenen Probierschalen, den Ansiedescherben, gegebenenfalls unter Zusatz von Blei, verschmolzen wird.²⁴ Ein Fragment einer solchen flachen Probierschale mit anhaftendem Metallrest fand sich ebenso in der Abfallgrube 187 in unmittelbarer Umgebung des Ofens 2.²⁵

Dem Ofenaufbau entsprechend, mit der externen, punktuellen Luftzufuhr über die Düse von Südwesten her, kann man von einem oxi-

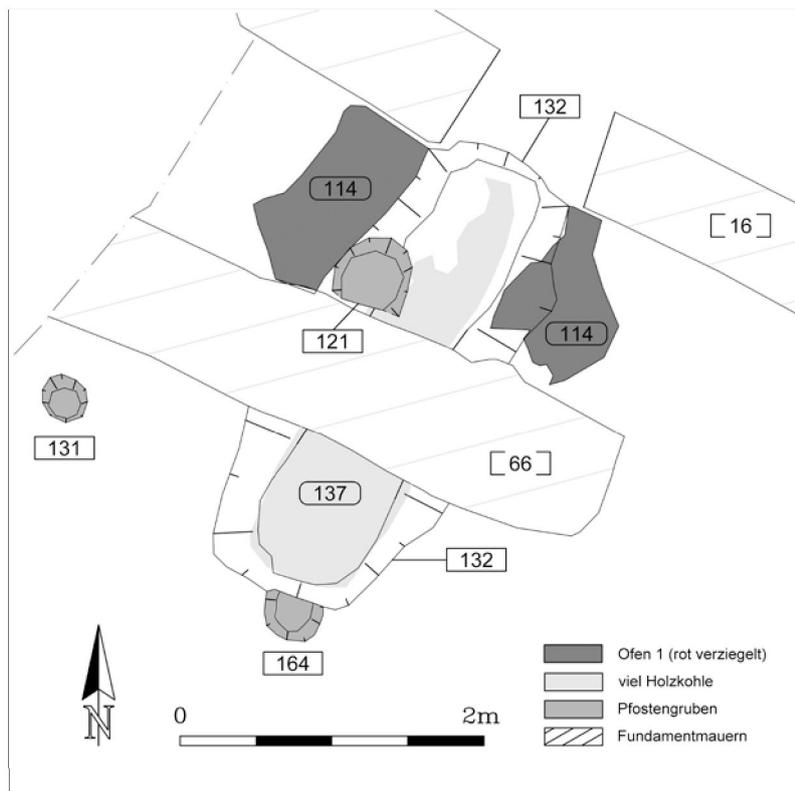


Abb. 7: Umzeichnung Röstgrube 132 mit holzkohlehaltiger Schicht 137.

dierend geführten Schmelzprozess ausgehen. Im Ansedescherben bildet sich eine bleireiche Schlacke, das Silber wird nahezu vollständig aus dem Erz gelöst und man erhält als Zwischenprodukt ein silberhaltiges Blei. In einem folgenden Schritt, der sogenannten Kupellation, auch als Abtreiben bezeichnet, wird das Silber endgültig vom Blei getrennt. Unter erneut zugeführtem Luftstrom wird das silberhaltige Blei geschmolzen, das Blei oxidiert an der Oberfläche, während das edlere Silber weiter in metallischem Zustand verbleibt. Das flüssige Bleioxid (Bleiglätte) muss dabei ständig abgeschöpft oder auf andere Weise entfernt werden. Derartige Bleiglättestücke wurden erneut aus Abfallgrube 187 geborgen (Abb. 6). Die Bleiglättestücke weisen eine weißgraue Verwitterungsschicht auf, die durch die Lagerungszeit im Boden entstanden ist und größtenteils aus Bleikarbonat besteht. Sie ist als Nebenprodukt während der Silbergewinnung als Beleg für den Treibprozess in der Siedlung anzusehen oder zumindest, dass Bleiglätte bei der Verbleiung, beispielsweise während des Probierens, zugegeben wurde, da Bleiglätte in der Regel nicht weggeworfen, sondern wieder zu Blei reduziert worden ist.²⁶ Für die Herkunft der Bleiglätte vom „Roten Hirsch“ ist somit die Existenz eines Treibofens anzunehmen, ebenso ist die Möglichkeit als vermeintliches Importgut in Betracht zu ziehen. Am Ende des Prozesses ist das gesamte Blei oxidiert und man erhält fast reines Silber, auch „Silberkorn“ genannt. Durch Auswiegen des Silberkorns ließ sich der Silbergehalt des Erzes berechnen.

Im Nordwesten der Grabungsfläche befindet sich mit Grube 132 eine weitere technische Anlage, die in Verbindung mit der Verziegelung in Ofen 1 ursprünglich als Röstgrube gedient hat. An der Sohle von Grube 132 wurde eine stark holzkohlehaltige Schicht 137 festgestellt, die Hinweise auf einen solchen Röstprozess lieferte (Abb. 7). Geochemische Untersuchungen an Sedimentproben aus dieser Schicht ergaben hohe Bleigehalte (bis 3233 ppm) und erhöhte Arsen- und Zinkgehalte, die einen metallurgischen Prozess direkt in der Grube nahelegen.²⁷ Zudem deuten einige haselnussgroße Fahlerzstücke und ein rostbraun verschlacktes Bodenfragment aus Schicht 137 auf die Funktion als Röstgrube:²⁸ Silberhaltige Fahlerze wurden zumeist vor ihrer Verhüttung geröstet, um die

22 Agricola 1928, 188–196.

23 Bachmann 1993, 33.

24 Eckstein u.a. 1994, 126; Adam-Staron 2005, 8.

25 Schubert/Wegner 2015, 232, Abb. 37,2. Vergleichbare Stücke sind beispielsweise auch in Freiberg zutage getreten (Eckstein u.a. 1994, 120; Richter 1995, 16–19; Schwabenicky 2003, 434).

26 Schwabenicky 2009, 156.

27 Hrubý/Malý/Schubert 2014, 205 und 207, Tab. 4; Hrubý/Malý/Schubert 2015, 246–247, Tab. 2.

28 Schubert/Wegner 2015, 232, Abb. 37,3.

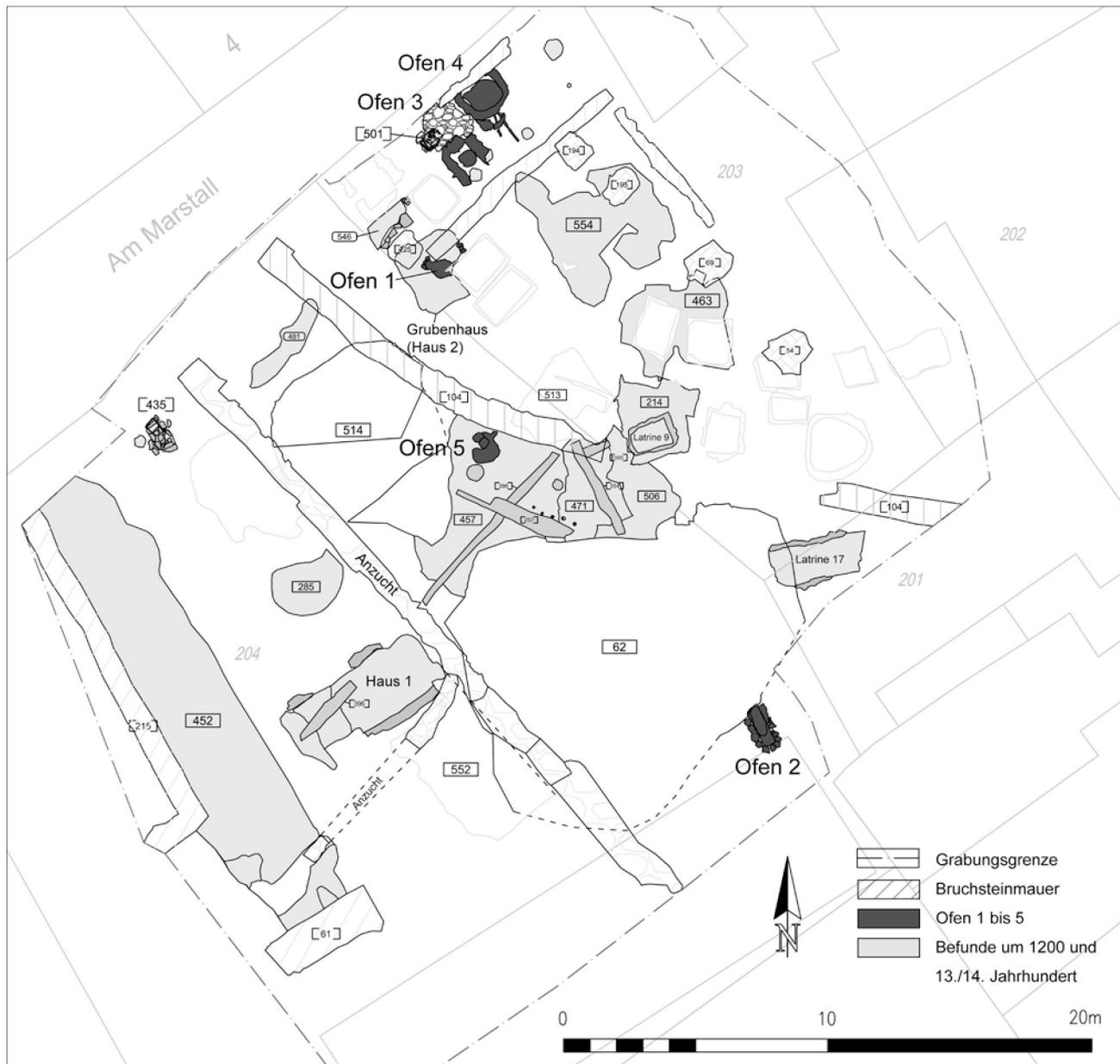


Abb. 8: Freiberg, FG-309. Übersichtsplan der Grabung „Am Marstall/Nonnengasse“.

für den Treibprozess ungünstig wirkenden Elemente wie etwa Schwefel oder Arsen zu entfernen. Mit einer Tiefe von rund 0,7 m bietet die Grube obendrein ausreichend Schutz und bessere Effizienz gegenüber einem ebenerdigen Feuer. Mit der Verziegelung (Ofen 1) um Grube 132 ist möglicherweise ein funktionaler Zusammenhang beider Befunde vorstellbar, zum Beispiel in Form einer einfachen Holzabdeckung zur Steigerung des Wärmeeffizienten während des Röstvorgangs, die während des Prozesses mit verbrannte. Die Abdeckung eines Röststadels mit Hölzern ist beispielsweise bei Agricola abgebildet.²⁹ Möglicherweise handelt es sich bei Grube 132 um eine frühe Form solcher Röstöfen oder Röststadl.

Bergstadt Freiberg – Grabung „Am Marstall/Nonnengasse“

Im Westen der historischen Altstadt von Freiberg bestand 2014 die Notwendigkeit, eine der größten Rettungsgrabungen der letzten Jahre in der Bergstadt durchzuführen (Abb. 1). Auf dem Areal zwischen Nonnengasse und Am Marstall musste ein etwa 1000 m² großes Gelände archäologisch untersucht werden (Abb. 8). Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Oberstadt von Freiberg, die das weiträumige Gebiet um Obermarkt und den höchsten Punkt der Innenstadt, der Petrikirche, umfasst. Die Freiburger Oberstadt entwickelte sich gegen Ende des 12. Jahrhunderts

²⁹ Agricola 1928, 239.

im Zuge der städtischen Entwicklung der aufstrebenden Bergstadt Freiberg. Der rasante Aufschwung der Stadt begann, nachdem 1168 auf der Christiansdorfer Flur silberhaltiges Erz gefunden worden war.³⁰ Durch den Bergbau erfolgte eine schnelle Zunahme der Bevölkerung, die eine gezielte Stadterweiterung mit dem Anlegen der Oberstadt erforderte. Dendrochronologisch datierte Straßen markieren hierbei den Beginn der planmäßigen Anlage der Oberstadt seit den 80er Jahren des 12. Jahrhunderts.³¹

Auf der Untersuchungsfläche „Am Marstall/Nonnengasse“ traten die unterschiedlichsten Befunde aus der Gründungszeit der Oberstadt bis in die frühe Neuzeit zutage. Neben sehr fundreichen Latrinen, einem einfachen, ebenerdigen Gebäude aus dem 14. Jahrhundert sowie einem kleinen Grubenhaus aus dem frühen 13. Jahrhundert sind ein mittelalterliches System von Wasserrinnen und überdies enorme bergmännisch in den anstehenden Gneis gehauene Gruben, die zur Steingewinnung gedient haben, zu erwähnen. Zudem wurden die Überreste von fünf technischen Anlagen (Ofen 1 bis 5) freigelegt, die von buntmetallurgischen Gewerken inmitten der Bergstadt zeugen. Alle fünf Öfen waren in Aufbau und Dimension untereinander different und nur wenig miteinander vergleichbar. Einzig bei den Öfen 1 und 4 war die Gemeinsamkeit einer Substruktion aus flächig verlegten Bruchsteinen zu beobachten, die als Wärmepuffer dienen sollte.³² Gleichwohl belegen Funde der Metallurgiekette (vereinzelte Schlackestücke, Buntmetallfragmente und Erzstücke) aus und in der Umgebung der Öfen sowie technische Keramik den Zusammenhang mit buntmetallurgischen Prozessen. Unterstützt wird dies durch archäometallurgische Untersuchungen dieser Funde sowie geochemische Analysen von Sedimentproben der Ofenreste.³³ Eine zeitliche Einordnung der einzelnen Öfen basiert auf Grundlage der vergesellschafteten Keramik und weist auf eine gewisse Kontinuität dieser technischen Anlagen hin.³⁴ Folgend werden die beiden mittelalterlichen Öfen 2 und 4 sowie der frühneuzeitliche Ofen 3 näher vorgestellt.

Der älteste Ofen 2 datiert in das frühe 13. Jahrhundert und bestand aus einer annähernd langovalen, U-förmigen Einfassung aus Bruchsteinen (SPA 127), die im Nordwesten von der außerordentlich großen Grube 62 geschnitten wird (Abb. 8 und 9). Mit dem schmal eingefassten Innenraum von 0,5×1,6 m handelt es sich um eine relativ schlank wirkende Anlage. Ein ähnlich anmutender Ofen wurde bei einer Sondierung Anfang der 1990er Jahre in der Umgebung von Freiberg in Neuhilbersdorf freigelegt, der jedoch keine Anhaltspunkte für eine technische Verwendung lieferte.³⁵ Während der Freilegung von Ofen 2 wurden insgesamt drei hartgebrannte Ofentennen festgestellt, die verschiedene Nutzungsphasen der Anlage kennzeichnen: Ofentenne 419 (Phase 1), Ofentenne 413 (Phase 2) und Ofentenne 256 (Phase 3) (Abb. 10). Nach Aufgabe einer Ofentenne wurde jeweils eine dünne Ausgleichsschicht (OF 239 und OF 414) aufgetragen und so eine neue Arbeitsfläche hergerichtet. Zwischen den einzelnen Arbeitshorizonten waren holzkohlehaltige Aschereste (HK238 und HK412) zu beobachten, die wohl Überreste eines pyrometallurgischen Prozesses darstellen. In der zweiten Nutzungsphase wurde zusätzlich eine dünne Gneisplatte in Ofentenne 413 integriert, die womöglich als Arbeits- oder Herdplatte diente (Abb. 9 und 10).

Für geochemische Untersuchungen wurden umfassende Sedimentproben von den einzelnen Nutzungsphasen genommen, um Rückschlüsse auf die Funktion des Ofens ziehen zu können. Die Ergebnisse der geochemischen Untersuchungen zeigen, dass insbesondere die Aschereste sehr hohe Zinkgehalte (bis 7868 ppm) aufweisen (Tab. 1), die einen buntmetallurgischen Prozess in Verbindung mit Zink nahelegen. Damit ergeben sich zwei Deutungsmöglichkeiten für die Funktion der technischen Anlage Ofen 2: Einerseits ist ein Ofen für die Messingproduktion oder Messinggießerei denkbar,³⁶ andererseits können die hohen Zinkgehalte

30 Hoffmann/Richter 2012, 98.

31 Hoffmann/Richter 2012, 119.

32 Hrubý u.a. 2012, 366–369 und 412.

33 Beitrag Archäometallurgische Untersuchungen von Peter Hrubý und Karel Malý in: Schubert u.a. (im Druck).

34 Ofen 2: frühes 13. Jahrhundert; Ofen 1, 4 und 5: 13./14. Jahrhundert; Ofen 3: frühneuzeitlich.

35 Richter 2011, 64f.; Eckstein u.a. 1994, 119.

36 Der Korrelationskoeffizient (Pearson-Korrelation) der Gehalte von Kupfer und Zink liegt bei 0,91, der einen hohen Grad (nahe bei dem Wert 1) des linearen Zusammenhangs und somit eine Vergesellschaftung der beiden Buntmetalle anzeigt.



Abb. 9: Ofen 2, Nutzungsphase 2.

der Aschereste auch auf einen Röstprozess zurückgehen. Bei diesem Schritt der Erzaufbereitung werden für metallurgische Prozesse ungünstig wirkende Elemente wie Schwefel, Arsen oder Zink vom Röstgut entfernt. Durch das Rösten von polymetallischen Blei- und/oder Kupfererzen verdampft das Zink zu Zinkoxid und wurde möglicherweise so in den Holzkohleresten gebunden. Als weiteres Indiz für einen Röstofen sprechen die jeweils sauber angelegten Flächen der Ofentennen, auf denen sich das zerkleinerte Erz gut ausbreiten und bewegen ließ, um optimale Röstbedingungen zu erlangen.

Eine weitere technische Anlage aus dem 13./14. Jahrhundert wurde mit Ofen 4 erfasst, der im Vergleich zu Ofen 2 jedoch gänzlich anders aufgebaut ist. Ofen 4 ist ein grubenartig eingetiefter Ofen mit einer Substruktion aus Bruchsteinen, die vermutlich der Wärmepufferung und somit der Effizienzsteigerung des Ofens diente, damit nicht zu viel Wärme in den Untergrund abgeführt wurde (Abb. 11). Über dieses Ofenfundament wurde eine dünne schluffige Lehmschicht (OF 340) aufgetragen, die sicherlich den Arbeitshorizont des Ofens widerspiegelt (Abb. 11 und 12), die jedoch nur geringe Spuren einer Hitzeewirkung und jegliches Fehlen einer Verziegelung aufweist. Denkbar ist, dass der Ofen ab und an ausgeräumt und neu angelegt werden musste, und wir eine Phase einer nicht erfolgten Inbetriebnahme vor uns haben. Über einen in Stein gesetzten Belüftungskanal (KN 276) konnte mit einem Blasebalg zusätzlich Luft ins Innere des Ofens geblasen werden, um so den Wirkungsgrad zu steigern (Abb. 12). In den überwiegend aus Brandschutt bestehenden Verfüllmassen des Ofens fanden sich auch wenige verrußte Rollsteine, die vermutlich von einer ehemaligen Überkuppelung des Ofens stammen. Aus Rollsteinen

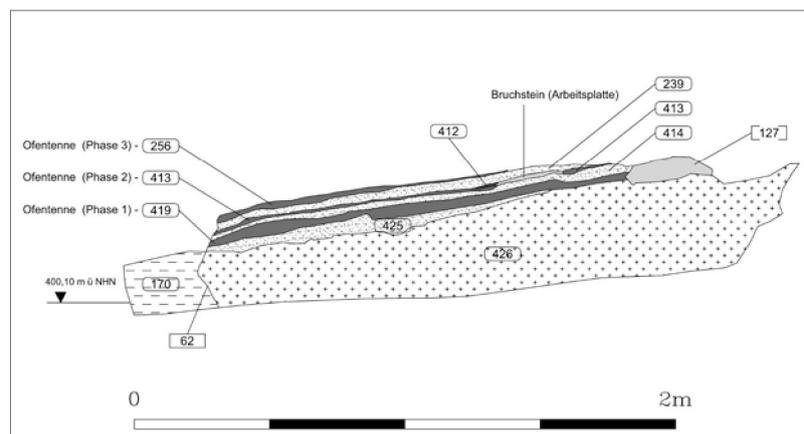
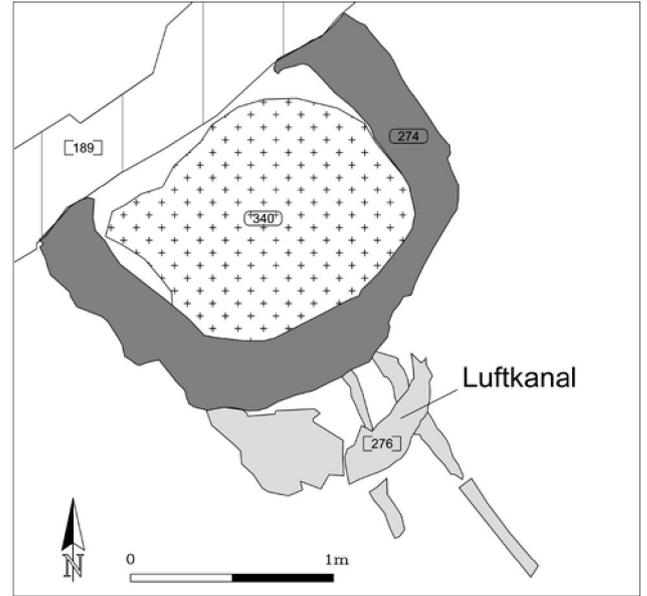


Abb. 10: Umzeichnung Querschnitt von Ofen 2.



gesetzte Überkuppelungen von steinernen Öfen finden sich beispielsweise in der wüsten Bergstadt Bleiberg auf dem Treppenhauer.³⁷ Auf solch eine Ofenkuppel oder auch einfachen Ofenfassung deutet ebenso ein 25–30 cm breiter Lehmstreifen (OF 274) um den Ofen (Abb. 12).

Auf die buntmetallurgische Nutzung des Ofens lassen wenige kleine Schlackestücke und zwei größere Stücke Buntmetallerz schließen, die sich in den Verfüllmassen des Ofens fanden. Archäometallurgische Untersuchungen an zwei exemplarisch ausgewählten Schlackestücken belegen, dass es sich um die Abfallprodukte der Verhüttung von polymetallischen respektive silberhaltigen Bleierzen handelt.³⁸ Ein Schmelzofen im größeren Stil ist aufgrund der geringen Anzahl von Verhüttungsschlacken im gesamten Fundspektrum der Grabung aber eher auszuschließen. Dagegen ist ein Schmelzen von silberhaltigen Bleierzen im kleineren Maß durchaus denkbar und im Zuge des Probierwesens zu vermuten.

Im Südwesten wird der mittelalterliche Ofen 4 von einer jüngeren technischen Anlage geschnitten. Der direkt angrenzende frühneuzeitliche Befundkomplex Ofen 3 setzt sich aus zwei verschiedenen Öfen zusammen, die als Ofen 3A und Ofen 3B bezeichnet werden (Abb. 13).³⁹ Von Ofen 3A blieb nur der steinerne Unterbau aus flächig verlegten Bruchsteinen (SPA 203) erhalten, die Spuren von Hitzeeinwirkung erkennen ließen und auf denen noch wenige rötliche Brandschuttreste lagen. Dem Ofen 3A im Südosten vorgelagert schließen sich die U-förmig in Stein gefassten Überreste von Ofen 3B an (Abb. 13). Inmitten der Einfassung aus Bruchsteinen (SPA 210) befindet sich eine annähernd runde Grube 289, die mit Ascheresten und vielen Holzkohlestücken verfüllt ist. Die geochemische Untersuchung einer Probe aus der Grube 289 belegt erneut den Zusammenhang mit einem buntmetallurgischen Prozess (Tab. 1).⁴⁰

Zu Ofen 3B finden sich zudem, entsprechend der Form und Dimension der Anlage, vergleichbare Befunde in Kutná Hora (Kuttenberg). Im Bereich des ehemaligen Jesuitenkollegs der Stadt wurden im Zuge einer Rettungsgrabung vier ganz ähnlich aufgebaute Probieröfen des 16. Jahrhunderts freigelegt.⁴¹ Auch in der Bergstadt Bleiberg ist die bereits erwähnte und vom Ausgräber als Probierofen gedeutete Anlage von Objekt 6E/O3 sehr gut mit Ofen 3B aus Freiberg vergleichbar. Die Analogien in Aufbau und Dimension erlauben für Ofen 3B ebenso eine Deutung als Probierofen, die durch die festgestellte Schwermetallbelastung von Kupfer, Blei und Zink unterstützt wird.

Unter Ofen 3 wurde mit Grube 356 wohl eine weitere stratigraphisch ältere technische Anlage erfasst. An der Sohle der Grube 356 befand sich

Abb. 11: Übersichtsfoto Ofen 4 mit Substruktion aus Bruchsteinen.

Abb. 12: Umzeichnung Ofen 4.

37 Schwabenicky 2009, 231.

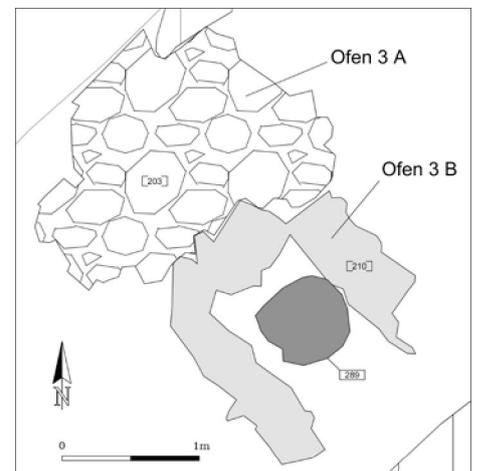
38 Beitrag Archäometallurgische Untersuchungen von Peter Hrubý und Karel Mal in: Schubert u.a. (im Druck).

39 Im Zuge der Aufarbeitung der Grabungsergebnisse wurde erkannt, dass es sich bei Befundkomplex Ofen 3 um zwei Öfen (3A und 3B) handelt.

40 Probe 16 aus der holzkohlehaltigen Verfüllschicht HK282 der Grube GR 289 weist einen hohen Cu-Gehalt (4190 ppm) und leicht erhöhte Pb-Gehalte (1042 ppm) und Zn-Gehalte (1259 ppm) auf.

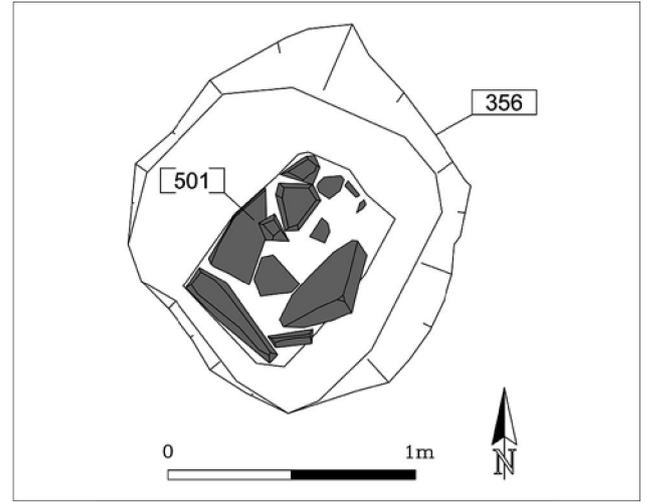
41 Frolík 2014, 152f.

Abb. 13: Umzeichnung des frühneuzeitlichen Ofens 3 mit Probieröfen 3B.



Befund-komplex	Befund	Probe-Nr.	Cu	Pb	Ag	Sb	Zn	As
Ofen 2	128	3	131	344	11	0	185	90
	128	4	66	672	8	0	774	59
	238	11	90	482	10	0	1357	49
	238	10	204	387	11	0	3074	142
	239	44	30	104	9	1	578	0
	239	49	26	89	3	0	761	27
	239	48	29	80	3	0	423	25
	256	45	19	76	7	0	896	30
	256	46	34	74	3	0	414	21
	412	47	156	374	6	0	5074	62
	412	52	245	329	5	0	6739	127
	412	51	296	208	8	0	7868	177
	413	53	34	153	3	0	418	15
	413	54	28	152	3	0	1033	21
	413	57	24	109	4	0	1005	21
	413	58	26	109	5	0	850	19
	413	56	44	102	3	0	524	21
	414	55	28	82	2	0	542	16
	414	60	17	81	3	0	722	14
	414	59	20	57	3	0	289	9
419	61	16	102	2	0	149	3	
419	62	9	72	5	0	402	0	
419	63	21	52	5	0	414	4	
Umgebung Ofen 2	123	66	62	271	4	0	972	30
	124	67	62	196	4	0	428	41
	425	64	40	365	4	0	459	25
	426	65	57	353	4	0	856	39
Ofen 3, Aschgrube	282	16	4190	1042	11	1	1259	113
Ofen 3	349	25	165	419	11	0	329	145
	349	26	265	302	11	0	249	181
	388	37	78	139	10	0	192	44
Ofen 4, Luftkanal	277	15	315	1230	11	0	296	113
Ofen 4	287	43	64	329	10	0	258	17
	311	17	46	98	9	0	116	1
	311	18	266	402	12	0	439	45
	315	19	120	572	10	0	204	51
	315	20	97	310	9	0	185	42
	334	21	135	550	10	0	314	162
	334	22	160	478	10	0	534	54
	398	42	144	327	10	0	263	11
Umgebung Ofen 4	280	41	104	241	10	1	220	77

Tabelle 1: Freiberg, FG-309. Metallgehalte (Werte in ppm) von Sedimentproben aus den technischen Anlagen (Ofen 1 bis 5) und deren Umgebung. Atomabsorptionsspektrometrie (AAS).



eine kastenartige Steinkonstruktion (SPA 501, Abb. 14 und 15), die zum Zeitpunkt der Freilegung nur schwer zu deuten war (Abb. 1). Gleichwohl finden sich vergleichbare Befunde zur Steinsetzung 501 im Harz vom Johanneser Kurhaus⁴² sowie eine sehr ähnlich anmutende kastenartige Steinsetzung aus Altenberg im Siegerland,⁴³ die als Schmelzöfen zum Probieren von Erzen gedeutet werden. Obwohl im Inneren der Steinsetzung 501 bis auf vereinzelte Holzkohlebrocken und nur wenige Brandlehmstücke keine auffälligen Verziegelungsspuren zu beobachten waren, könnte es sich demnach ebenfalls um einen Probierofen handeln.

Dass im untersuchten Grabungsareal bereits seit dem Mittelalter probiert wurde, zeigen vereinzelte Funde, die dem Probierwesen zuzuordnen sind. Im Kontext des mittelalterlichen Bergbaus in Freiberg verdienen die technischen Keramikfunde, die während der Untersuchungen zutage traten, besondere Erwähnung. Es handelt sich um Fragmente von Probiergefäßen mit den charakteristischen, weißgrauen Verschlackungsspuren an den Innenseiten der Keramik. Archäometallurgische Untersuchungen belegen, dass es sich dabei um Gefäße handeln muss, die in einem metallurgischen Prozess im Zusammenhang mit Blei eingesetzt wurden.⁴⁴ Von besonderem Interesse ist die Verschlackung eines Bodenfragments aus Grube 457 (Abb. 8), die auch auf dem Bruch des Scherbens angeschmolzen wurde, sodass von einer sekundären Verwendung als technische Keramik respektive Probiergefäß auszugehen ist (Abb. 16). Weitere Fragmente mit typischen weißgrauen Verschlackungsspuren stammen aus den Verfüllmassen eines kleinen Grubenhauses (Haus 2, Abb. 8).

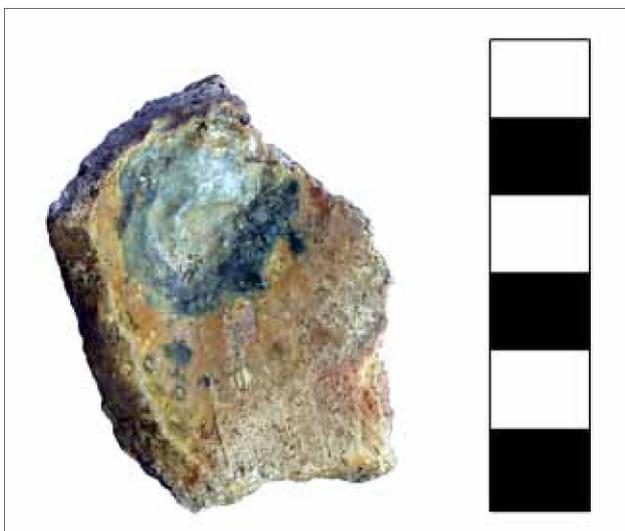
Abb. 14 und 15: Steinsetzung 501 im Bereich der Sohle von Grube 356 und Umzeichnung.

42 Alper 2003, 161 f., Abb. 79–81, Befund 50 und 55.

43 Dahm/Lobbedey/Weisgerber 1998, 194 f., Abb. 47 und 48.

44 Hohe Bleigehalte (bis 45,45 Gew.-%) der technisch verschlackten Keramik in Verbindung mit den niedrigen Gehalten von Ag (max. 0,03 Gew.-%), Kupfer (um 0,41 Gew.-%) und Zink (um 0,03 Gew.-%) deuten auf ein bestimmtes Prozessstadium, in dem häufig reines Blei verwendet wurde, wie beispielsweise beim Treibprozess oder dem Probierwesen (Beitrag Archäometallurgische Untersuchungen von Peter Hrubý und Karel Mal in: Schubert u.a. (im Druck).

Abb. 16: Probiergefäßfragment aus Grube 457.
Abb. 17: Probierstein mit metallischen Abstrichen.



Probiergefäße aus mittelalterlichem Fundkontext sind aus Freiberg bekannt⁴⁵ und besonders für die frühe Neuzeit tauchen sie immer wieder im Fundspektrum archäologischer Untersuchungen auf.⁴⁶ Ein besonders repräsentativer Fund des Probierwesens wurde zum Ende der Grabung aus einer mittelalterlichen bis frühneuzeitlichen Verfüllschicht von Grube 62 geborgen. Es handelt sich um einen sogenannten Probierstein, der noch anhaftende Metallabstriche aufwies (Abb. 17). Durch Vergleich der Abstriche mit Referenznadeln bekannter Zusammensetzung konnte ein Probiermeister mit solch einem Probierstein den ungefähren Feingehalt von Edelmetallen bestimmen.⁴⁷ Aus Sachsen kennt man diese schwarzen, im Querschnitt quadratischen Schiefersteine bereits von der Wiprechtsburg in Groitzsch⁴⁸ und der Bergbausiedlung Bleiberg auf dem Treppenhauer.⁴⁹ Die meisten Probiersteine bestehen aus geschliffenem schwarzem Kieselschiefer, dem sogenannten Lydit. Naturwissenschaftliche Untersuchungen der metallischen Abstriche erbrachten für den Probierstein aus Freiberg ausschließlich Gold oder Gold-Silber-Legierungen.⁵⁰ Demnach wurde mit dem Probierstein aus Grube 62 der Feingehalt von Gold bestimmt.

Zusammenfassung

Für das sächsische Erzgebirge lassen sich durch die jüngsten archäologischen Untersuchungen in Dippoldiswalde und Freiberg sowie den Erkenntnissen aus den umfassenden Grabungen in der wüsten Bergstadt Bleiberg auf dem Treppenhauer Aussagen in Bezug auf die buntmetallurgischen Verfahren treffen, die auch inmitten der mittelalterlichen Bergbausiedlungen durchgeführt wurden. Insbesondere die Hinterlassenschaften des Probierwesens, wie in Dippoldiswalde nachgewiesen, sind in unmittelbarer Umgebung der Bergwerke und in den Siedlungen zu finden. Aber auch der Prozess des Röstens als pyrometallurgischer Arbeitsschritt der Erzaufbereitung ist neben der ersten händischen Vorsortierung der abgebauten Erze unter und über Tage in Teilen in der Siedlung erfolgt. Zudem gibt es Anzeichen, dass die endgültige Trennung des Silbers vom Blei mittels Treibprozess wohl ebenso in den Siedlungen bewerkstelligt wurde, was unter anderem Funde von Bleiglätte in Dippoldiswalde und der Bergstadt Bleiberg belegen.

Inwieweit das eigentliche Verhütten der zutage geförderten Erze außerhalb der Bergbausiedlungen vonstatten ging, wie es für die Bergstadt Bleiberg anzunehmen ist, oder doch in unmittelbarer Umgebung der Bergwerke bewältigt wurde, können nur weitere Forschungen ans Licht bringen. Neben diesen metallgewinnenden Verfahren der Buntmetallurgie ist außerdem mit dem metallverarbeitenden Gewerbe in einer Bergbausiedlung zurechnen. In Freiberg zeigt sich dies mit dem vermeintlichen Standort einer Messinggießerei (Ofen 2), und für die Bergbausiedlung auf dem Treppenhauer vermutet der Ausgräber eine multifunktionale Nutzung der steinernen Öfen, auch für pyrometallurgische Zwecke in kleinerem Maß.

Die Deutung der Hinterlassenschaften von buntmetallurgischen Werkstätten sind zumeist erst mithilfe von naturwissenschaftlichen Analysen wie archäometallurgischen Untersuchungen an Funden der Metallurgiekette (beispielsweise Erze, Schlacken, technische Keramik, Bleiglätte) oder auch geochemischen Untersuchungen an Sedimentproben aus und in der Umgebung von technischen Anlagen möglich. Die Einbeziehung der Naturwissenschaften für die Untersuchung von Relikten buntmetallurgischer Werkstätten ist daher ausdrücklich hervorzuheben und grundsätzlich wünschenswert.

45 Eckstein u.a. 1994, 120; Richter 1995, 16–19, Schwabenicky 2003, 434.

46 Die Probiergefäße der frühen Neuzeit sind hierbei gut mit Abbildungen von Agricola vergleichbar (Agricola 1928, 196).

47 Agricola 1928, 219.

48 Vogt 1987, 40f., Abb. 22,5.

49 Schwabenicky 2009, 159, Abb. 323.

50 Die Elementzusammensetzung der einzelnen metallischen Abstriche auf den beiden Oberflächen des Probiersteins wurde an der Hochschule für Bildende Künste Dresden im Labor für Archäometrie mittels REM-EDX (Rasterelektronenmikroskop mit energiedispersiver Röntgenstrahlen-Analyse) untersucht. Der endgültige Analysebericht dazu steht allerdings noch aus.

- Adam-Staron, Kerstin: Vom Probierwesen. Vortrag am Agricola-Forschungszentrum Chemnitz 2005 (<https://www-user.tu-chemnitz.de/~fna/14adamstaron.pdf>; letzter Zugriff: 23.07.2016).
- Agricola, Georg: Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen, in denen die Aemter, Instrumente, Maschinen und alle Dinge, die zum Berg- u. Hüttenwesen gehören ... Übers. v. Carl Schiffner. München 1928.
- Alper, Götz: „Johanneser Kurhaus“. Ein mittelalterlicher Blei-/Silbergewinnungsplatz bei Clausthal-Zellerfeld im Oberharz (Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens 32). Rahden 2003.
- Bachmann, Hans-Gert: Zur frühen Blei- und Silbergewinnung in Europa; in: Steuer/Zimmermann 1993, 29–36.
- Dahm, Claus/Lobbedey, Uwe/Weisgerber, Gerd: Der Altenberg: Bergwerk und Siedlung aus dem 13. Jahrhundert im Siegerland, 2 Bde. (Denkmalpflege und Forschung in Westfalen 34). Bonn 1998.
- Eckstein, Kerstin/Hauptmann, Andreas/Rehren, Thilo/Richter, Uwe/Schwabenicky, Wolfgang: Hochmittelalterliches Montanwesen im Erzgebirge und seinem Vorland; in: Der Anschnitt 46, 1994, 114–132.
- Frolík, Jan: Nález prubířské pece z Kutné Hory. The find of an assay furnace from Kutná Hora; in: Acta rerum naturalium 16, 2014, 145–154.
- Goldenberg, Gert/Otto, Jürgen/Steuer, Heiko (Hrsg.): Archäologische Untersuchungen zum Metallhüttenwesen im Schwarzwald (Archäologie und Geschichte 8). Sigmaringen 1996.
- Hemker, Christiane: The „Ziel 3-Projekt ArchaeoMontan“. Medieval Mining in Saxony and Bohemia; in: Mining and the Development of the Landscape. 7th International Symposium on archaeological Mining History. Iglau 2012, 4–21.
- Hemker, Christiane (2013a): Großangelegtes Projekt zur montanarchäologischen Erforschung des Altbergbaus in Sachsen und Böhmen; in: Der Anschnitt 65, 2013, 65–68.
- Hemker, Christiane (2013b): Die hochmittelalterlichen Silberbergwerke von Dippoldiswalde im Kontext europäischer Montanarchäologieforschung; in: Hoffmann, Yves/Richter, Uwe (Hrsg.): Die Frühgeschichte Freibergs im überregionalen Vergleich. Städtische Frühgeschichte, Bergbau, früher Hausbau. Halle 2013, 225–240.
- Hemker, Christiane/Hoffmann, Yves: Ein hochmittelalterliches Bergbaurevier in Dippoldiswalde; in: Smolnik, Renate (Hrsg.): Ausgrabungen in Sachsen 1 (Arbeits- und Forschungsberichte der sächsischen Bodendenkmalpflege, Beiheft 20). Dresden 2009, 104–109.
- Hemker, Christiane/Pilz, Marc: Die archäologische Untersuchung eines mittelalterlichen Schachtes in Dippoldiswalde: eine Herausforderung an Grabungstechnik, Dokumentation und Organisation; in: Smolnik 2011, 127–134.
- Hönig, Heide/Lentzsch, Susann: Das Bergwerk unter dem Busbahnhof. Beschreibung der untersuchten mittelalterlichen Grubenbaue unter dem Busbahnhof in Dippoldiswalde, Landkreis Sächsische Schweiz-Osterzgebirge; in: Smolnik 2014, 181–189.
- Hoffmann, Yves/Richter, Uwe: Entstehung und Blüte der Stadt Freiberg. Die bauliche Entwicklung der Bergstadt vom 12. bis zum Ende des 17. Jahrhunderts. Halle 2012.
- Hrubý, Petr: Jihlava-Stare Hory. Archeologicky vyzkum středověkeho důlniho, upravnického a obytného areálu v letech 2002–2006. Příspěvek ke studiu středověkeho rudného hornictví (Jihlava-Stare Hory [Iglau-Altenberg]). Archäologische Ausgrabungen des mittelalterlichen Bergbau-, Aufbereitungs- und Siedlungsplatzes in den Jahren 2002–2006. Zum Studium des mittelalterlichen Erzbergbaus) (Dissertationes Archaeologicae Brunenses/Pragensesque 9). Prag/Brünn 2011.
- Hrubý, Petr/P. Hejhal/A. Hoch/P. Kočár/Malý, Karel/L. Macháňová/L. Petr/J.Štelcl: Das mittelalterliche Aufbereitungs- und Bergbauareal Cvilínek bei Černov in der Gegend Pelhřimov; in: Památky archeologické 103, 2012, 339–418.
- Hrubý, Petr/Malý, Karel/Schubert, Matthias: Naturwissenschaftliche Untersuchungen an Funden der Grabung Roter Hirsch in Dippoldiswalde. Ein Beitrag zu den Grabungsergebnissen; in: Smolnik 2014, 203–208.
- Hrubý, Petr/Malý, Karel/Schubert, Matthias: Metallurgische Funde aus der Bergbausiedlung in Dippoldiswalde-Roter Hirsch; in: Smolnik 2015, 245–257.
- Kenzler, Hauke: Struktur und Entwicklung der Bergstadt auf dem Treppenhauer. Ergebnisse der archäologischen Untersuchungen von 2005 bis 2007; in: Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege 50, 2008, 263–306.
- Richter, Uwe: Archäologische Untersuchungen in Freiberg. Neue Erkenntnisse zur Frühgeschichte der Stadt (Stadt- und Bergbaumuseum Freiberg, Schriftenreihe 12). Freiberg 1995.
- Richter, Uwe: Der Freiburger Bergbau in der ersten Bergbauperiode. Grabungen, Funde, Denkmale; in: Smolnik 2011, 61–68.
- Schubert, Matthias/Wegner, Martina: Die Grabung Roter Hirsch – hochmittelalterliche Wohn- und Werkstätte der Dippoldiswalder Bergleute; in: Smolnik 2015, 207–244.
- Schubert, Matthias/Wegner, Martina/Herbig, Christoph: Die Grabung Roter Hirsch. Erste Ergebnisse zur hochmittelalterlichen Siedlung der Dippoldiswalder Bergleute; in: Smolnik 2014, 195–203.
- Schubert, Matthias/Bertuch, Matthias/Herbig, Christoph/Hrubý, Petr/Malý, Karel: Schlegelschall und Rauch – Neue Erkenntnisse aus Freibergs Oberstadt; in: Ausgrabungen in Sachsen 5, im Druck.
- Schwabenicky, Wolfgang: Der hochmittelalterliche Bergbau in und um Freiberg; in: Hoffmann, Yves/Richter, Uwe (Hrsg.): Denkmale in Sachsen, Stadt Freiberg, 2: Beiträge. Freiberg 2003, 433–443.
- Schwabenicky, Wolfgang: Der mittelalterliche Silberbergbau im Erzgebirgsvorland und im westlichen Erzgebirge unter besonderer Berücksichtigung der Ausgrabungen in der wüsten Bergstadt Bleiberg bei Frankenberg. Chemnitz 2009.

Schwabenicky, Wolfgang: Mittelalterlicher Silberbergbau in Sachsen: Forschungsgrad, Probleme, Fragestellungen; in: Smolnik 2011, 7–36.

Smolnik, Regina (Hrsg.): Aufbruch unter Tage. Stand und Aufgaben der montanarchäologischen Forschung in Sachsen (Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege, Beiheft 22). Dresden 2011.

Smolnik, Regina (Hrsg.): ArchaeoMontan 2014. Ergebnisse und Perspektiven [Výsledky a výhledy] (Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege, Beiheft 29) Dresden 2014.

Smolnik, Regina (Hrsg.): ArchaeoMontan 2015. Montanarchäologie im Osterzgebirge [Montánní archeologie ve východním Krušnohoří] (Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege, Beiheft 30). Dresden 2015.

G. Sperl, Die Entwicklung der Eisenmetallurgie von römischer Zeit bis ins Mittelalter; in: Steuer/Zimmermann 1993, 461–476.

Steuer, Heiko/Zimmermann, Ulrich (Hrsg.): Montanarchäologie in Europa (Archäologie und Geschichte 4). Sigmaringen 1993.

Vogt, Heinz-Joachim: Die Wiprechtsburg Groitzsch. Eine mittelalterliche Befestigung in Westsachsen (Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Dresden 18). Berlin 1987.

Wegner, Martina/Schubert, Matthias: Die Grabung Roter Hirsch. Hochmittelalterliche Wohn- und Werkstätten der Dippoldiswalder Bergleute; in: Smolnik 2015, 207–244.

Abbildungsnachweis

Abbildung 1: Sachsenkarte (Copyright: Landesamt für Archäologie Sachsen); Bearbeitung: M. Schubert, LfA Sachsen

Abbildung 2–4, 7, 8, 12, 13 und 15: Planerstellung und -bearbeitung: M. Schubert, LfA Sachsen

Abbildung 5 und 6: Mag. Petr Hrubý, Ph.D., Archaia Brno, o. p. s., Brno; Bearbeitung: M. Schubert, LfA Sachsen

Abbildung 9 und 11, 14, 16 und 17: M. Schubert, LfA Sachsen

Abbildung 10: Profilerstellung und -bearbeitung: M. Schubert, LfA Sachsen