

## Erzbergbau im Böhmischem-Mährischen Bergland

Ore Mining in the Bohemian-Moravian Highlands

Petr Hrubý

### Abstract

The article addresses three examples of deserted medieval mining complexes in the Bohemian-Moravian Highlands in the context of the medieval mining industry. An important part in the interdisciplinary research was played by the natural-science analytical methods of geochemistry, dendrochronology and paleobotany. Current mining archaeology of the Bohemian-Moravian Highlands relies on emergency research. Research and documentation of the subterranean mining works are lacking so far. Research of the surface buildings allows a very detailed study of the finishing technologies as well as of the infrastructure and logistics of mining and metallurgical equipment of the 13th century.

### Schlüsselwörter

Abbau- und Aufbereitungstechnologien – Erzbergbau – Silber – Blei – Bergbaukolonisation – Landschaftsstruktur

### Keywords

mining and finishing technologies – ore mining – silver – lead – mining colonisation – structure of the landscape

### 1. Das Fehlen von Belegen für die Verarbeitung polymetallischer Erze im Untersuchungsgebiet bis zum 13. Jahrhundert

Der mittelalterliche Erzbergbau im Böhmischem-Mährischen Bergland (auch Böhmischem-Mährische Höhe) muss im europäischen kulturellen, historischen und wirtschaftstechnologischen Kontext angesehen werden. Die Bergbauprospektion und der Abbau von Silbererzen aus primären Erzlagern sind bis zum 12. Jh. nicht belegt und kommen bei uns frühestens kurz vor der Mitte des 13. Jh. auf. Ein gewisses Indiz stellen sicherlich die Fragmente von Keramik aus dem 10.–11. Jh. in Libice nad Cidlinou und aus Velký Osek (Na Oldříši) dar, auf deren Oberfläche Schmelzgut mit Blei, Kupfer, Zinn und Silber und in einigen Fällen auch makroskopisch kleine Mengen von Gold festgestellt wurden (*Mařík 2009*, 151 f., 154 f.). Einen mit der Bunt- bzw. Silbermetallurgie zusammenhängenden Betrieb aus dem 12.–13. Jh. bildet der Fundort Prag-Na Slupi (*Selmi-Wallisová 2005*, 75 f.) bzw. Prag-Klementinum (*Havrda – Závřel 2008*). Obwohl auf unserem Gebiet an der Schwelle zum Hochmittelalter die Technologie der Eisenverhüttung und der Buntmetallgießerei beherrscht wurde, ist die Annahme oder sogar eigenständige Entwicklung von Abbau und Verhüttungstechnik der Aufbereitung polymetallischer Erze davon nicht beeinflusst worden. Auch die Tradition der Goldwäsche, wiewohl auch die Kenntnis sekundärer Vorkommen die Entdeckung

primärer Lagerstätten stimuliert haben kann, nahm in dieser Hinsicht keinen Einfluss. Montan- und Verhüttungstechnologien gelangten auf unser Gebiet als Import aus den Bergbauzentren Westeuropas kurz vor der Mitte des 13. Jh., wo sie vorher mindestens 300 Jahre lang entwickelt und vervollkommen worden waren.

## 2. Brennpunkte der Bergbaukolonisation auf der Böhmischemährischen Höhe

Eine sehr beeindruckende Montanregion mit Erzabbau im 10./11.–12. Jh. und zahlreichen mittelalterlichen Bergbauzentren ist der Südschwarzwald (*Markl – Sönke (Hrsg.) 2004; Steuer 2003*). Im Kinzigtal befindet sich die ehemalige Bergstadt Prinzbach, die z. T. archäologisch untersucht wurde (*Wagner 2008*), im Sulzbachtal hat Geißmättle bei Sulzburg eine sehr wichtige Rolle als mittelalterliche Bergbauwüstung mit Kirche und einem Friedhof gespielt (12.–14. Jh.), u. a. neben der Fundstelle in Brandes (Frankreich), mit dem einzigen Bestattungsplatz, an dem authentische mittelalterliche Bergbaupopulationen Europas anthropologisch untersucht werden konnten (*Lohrke 2003; Alt 1999; 2003; Alt – Lohrke 1998; Alt – Brenn – Samlenski 2003*). Im Möhlintal befinden sich in der Nähe des Klosters Sankt Ulrich mittelalterliche Abbauareale mit einer Bergbausiedlung und der Kleinburg Birchiburg (*Zimmermann 1993, 215, Abb. 9; Goldenberg – Steuer 2004, 58*). Umfangreiche Abbauspuren lieferte die Umgebung der Gemeinde Kropbach. Im Suggental stehen Geländeüberreste eines Wasserkanals aus dem 13. Jh. zur Verfügung, der auch urkundlich nachgewiesen ist. Eine besondere Mikroregion mit zahlreichen Montandenkmälern über und unter Tage ist der Schauinsland (*Straßburger – Tegel 2005; Straßburger 2007*). Im Unterschied zum Harz bzw. der Böhmischemährischen Höhe sind im Südschwarzwald kaum Schlackenhalde erhalten, da sie wegen des dynamischen Bergreliefs und wegen des beträchtlichen Wassergefalles vollständig ins Rheintal oder zumindest bis zum Rand des Schwarzwaldes erodiert wurden. Sehr wichtige Ergebnisse liegen aus multidisziplinären naturwissenschaftlichen Untersuchungen (*Frenzel – Kempter 2004; Foelmer – Hoppe – Dehn 1997; Frenzel 2003*) oder aus der anthrakologischen Analyse der Kohlenmeiler vor, die eine Rekonstruktion des für die Produktion von Holzkohle ausgebeuteten Waldbestandes ermöglichten und die Theorie von einer Selektion des Holzes durch die Köhler widerlegten (*Ludemann 2004*). Ein Zusammenhang zwischen Böhmischemährischer Höhe und dem Schwarzwald ist auf personaler Ebene bei der Familie der Rottermel zu beobachten. Ihre Angehörigen waren Bergbauspezialisten, die beim Bau der Wasserkanäle und einer Entwässerungsvorrichtung 1284 im Suggental und später (1315) auch in Jihlava tätig waren (*Haasis-Berner 2003, 193*).

Aus tschechischer Sicht relativ frühe Bergbauzentren sind vom 11. bis 13. Jh. auch Wiesloch, Bensberg, Plettenberg oder Silberkaule im mittleren Rheinland (*Hildebrandt 1993, 255–265; Gechter 2003*). Eine Urkunde Konrads III. erwähnt zum Jahr 1150 Anrechte des Klosters Corvey auf die Metalle im Ort Marsberg. Die Rechte zum Abbau von Silbererzen erlangte auch das Erzbistum in Trier 1158 von Friedrich Barbarossa (*Hägermann 1984*). Im Siegerland lag im 13. Jh. ein Bergbauzentrum städtischen Charakters am Altenberg bei Müsen, das aus hochentwickelten Siedlungsformen, Bergwerken, Aufbereitungsanlagen und Hüttenwerken bestand (*Dahm – Lobbedey – Weisgerber 1998*).

Eine andere besondere Montanregion ist der Harz bzw. Westharz, wo in den letzten 30 Jahren vor allem Hüttenplätze untersucht worden sind, von denen dort heute aus älteren historischen Zeitperioden (8.–16. Jh.) etwa tausend bekannt sind. In der Erforschung der Hüttenwerke, Ofenkonstruktionen und bei der Entwicklung der Forschungsmethoden im Bereich der Paläometallurgie liegt der Hauptbeitrag der Montanarchäologie im Harz (*Bartels – Fessner – Klappauf – Linke 2007; Klappauf – Linke 1990; Brockner – Griebel – Koerfer 1995*). Beim Fundort Johanneser Kurhaus bei Clausthal-Zellerfeld können insgesamt 5 chronologische Phasen vom 7./9. bis ins 13./14. Jh. unterschieden werden (*Alper 2003*). Unsere früheste Phase der Bergbauentwicklung ist mit der jüngsten im Harz vergleichbar. An naturwissenschaftlichen Untersuchungen liegen Analysen der

Torfmoore und Auen (*Begemann 2003; Beug – Henrion – Schmäser 1999*) und der anthrakologischen Brennstoffe vor (*Bartels 1996; Kempter – Frenzel 2000; Hillebrecht 1992*).

Eine bedeutende Stelle nahm das sächsische Erzgebirge und das Erzgebirgsvorland ein. Die letzten spektakulären Forschungen in den Abbauen unter Tage in Dippoldiswalde am Oberlauf der Weiseritz in der Nähe der böhmischen Grenze datieren den Bergbaubetrieb aufgrund der Holzfunde in die Zeitspanne zwischen 1179 und 1243 (*Hemker – Hoffmann 2009*). Seit über zwanzig Jahren ist ein Symbol der sächsischen Montanarchäologie der Fundort Am Treppenhauer (urkundlich belegte mittelalterliche Bergstadt Bleiberg) mit Geländeüberresten sowohl von Prospektion als auch von Abbau einschließlich Siedlungsobjekten, Aufbereitungs- und Produktionsstätten, dessen Blütezeit in das 13. Jh. fällt (*Schwabenicky 2009*). Weitere Zentren sind Hohenforst und Ullersberg bei Wolkenburg. Einen Zusammenhang zwischen dem sächsischen Erzgebirge bzw. dem Erzgebirgsvorland und dem Bergbau im Böhmischem-Mährischem Bergland deuten die historischen Persönlichkeiten an, da es z. B. im Jahr 1258 und 1259 in Havlíčkův Brod über den Bergbauunternehmer Theodoricus Vriberch, bzw. den Thiero de Wriberch (Vriberch) zu hören ist (*RBM II*, Nr. 195, 78, Nr. 208, 81–82).

Für unseren Raum sind auch die Ostalpen von Bedeutung, z. B. Salzburg, wo der Erzabbau seit dem 12. Jh. vom Erzbistum betrieben wurde. In Kärnten verlieh Friedrich Barbarossa das Recht, Erz abzubauen, an das Benediktinerkloster in Lambrecht, 1170 den Benediktinern im Lavanttal und 1178 den Benediktinern in Seitenstetten in Niederösterreich. 1189 überließ Barbarossa die Hälfte der Einträge aus dem Erzabbau dem Bischof von Brixen (*Hägermann 1984*). Von Bedeutung sind auch die oberungarischen Bergbauzentren in der Slowakei (*Labuda 2005*). Die dortigen Reviere wurden nach der Mitte des 12. Jh. von einer deutschen Kolonisationswelle erfasst, welche die Böhmischem-Mährische Höhe mied, jedoch vor der Mitte des 13. Jh. im Rückstrom eine der Komponenten der deutschsprachigen Ankömmlinge sein könnte.

### 3. Staré Hory (Antiquus mons, Altenberg) bei Jihlava: Ein Beispiel für einen Großbetrieb und Bergbauzentrum

#### Schriftquellen, Münzwesen und der sogenannte Altenberger Zug

Auf Iglau oder zumindest allgemein auf die Böhmischem-Mährische Höhe bezieht sich ein Passus in der Stadtchronik von Colmar, der sich auf die letzten Regierungsjahre des böhmischen Königs Wenzels I. († 1253) beziehen soll, wo von einer Bewegung von Bergleuten nach Böhmen die Rede ist (... multiplicati sunt in Bohemia Theutonici; per hos rex ingentes divicias collegit ex auri et argenti fodinis; MGH SS XVII, 245). Ein Indiz für den Erzabbau bildet – wie uns in Chronicon Boemorum einer der sog. Fortsetzer (Cosmae Continuatores) berichtet – der Vertrag zwischen dem jüngeren und älteren König vom 16. August 1249, als Wenzel seinem Sohn die Verwaltung Mährens überließ, für sich jedoch die „Hälfte der Erträge der Iglauer Münze“ ausbedingte (*FRB II*, 307) oder eine Urkunde vom 2. November 1258, durch die an den Iglauer Pfarrer und den Abt von Želiv (Seelau) von den Münzmeistern ein Spital übergeben wurde (*RBM II*, Nr. 199, S. 79). Beleg für die Bergbaupraxis ist die früheste bekannte Gerichtsanweisung des Iglauer Berggerichts von 1260 oder 1268, bestimmt für die Zisterzienser in Lubiąż in Niederschlesien. Die Urkunde vom 23. Oktober 1272 bildet dann den frühesten Beleg für eine Verleihung, als die Urburarii Verner Loting und dem Abt von Seelau die Stollen am Aychornberch und Rudolfsberg bei Jihlava (Iglau) verliehen (*Malý – Rous 2004*, 123). Die älteste Erwähnung zu Staré Hory (Altenberg) ist ein Vertrag einiger Bergbauunternehmer mit Heinrich Rothermel aus dem Jahr 1315 über die Entwässerung der Gruben und Stollen (*Laštovička – Vilímek – Vosáhlo 2001*). Wichtigste Erzstruktur des Reviers ist eine N-S-orientierte Dislokation von Staré Hory (der sog. Altenberger Zug) auf eine Länge von 8,4 km. An der Stelle des erforschten Areals ändert er seine Neigung von NNO-SSW nach NNW-SSO. Die Mächtigkeit beträgt ca. 80–100 m. An Mineralen sind in der Gangart Quarz und Schwerspat vertreten, von den Erzen Sphalerit, Galenit, in kleinerem Maße sind auch Chalkopy-



rit, Arsenkies, Pyrit und Tetraedrit sind zu beobachten (*Pluskal – Vosáhlo 1998*). Im Erzrevier Jihlava wird auch die Existenz sekundär entstandener Lagerstätten mit gediegenem Silber angenommen und zwar in den oberflächennahen, sekundär angereicherten verwitterten Oxidationszonen, wohin es aus der primären sulphidischen Vererzung durch spontane Elektrolyse gelangte (*Holub 2007*). Der Erzgang von Staré Hory erbrachte in den Jahren 2002–2006 mit Ausnahme der Belege für das Hüttenwesen eine Unzahl neuer Informationen zum Abbau polymetallischer Erze und der Infrastruktur der Bergbauareale des 13. Jh. dank der archäologischen Forschungen auf einer Gesamtfläche von über 4 ha (*Abb. 1.2; Hrubý et al. 2006; Hrubý – Hejhal – Malý 2007*).

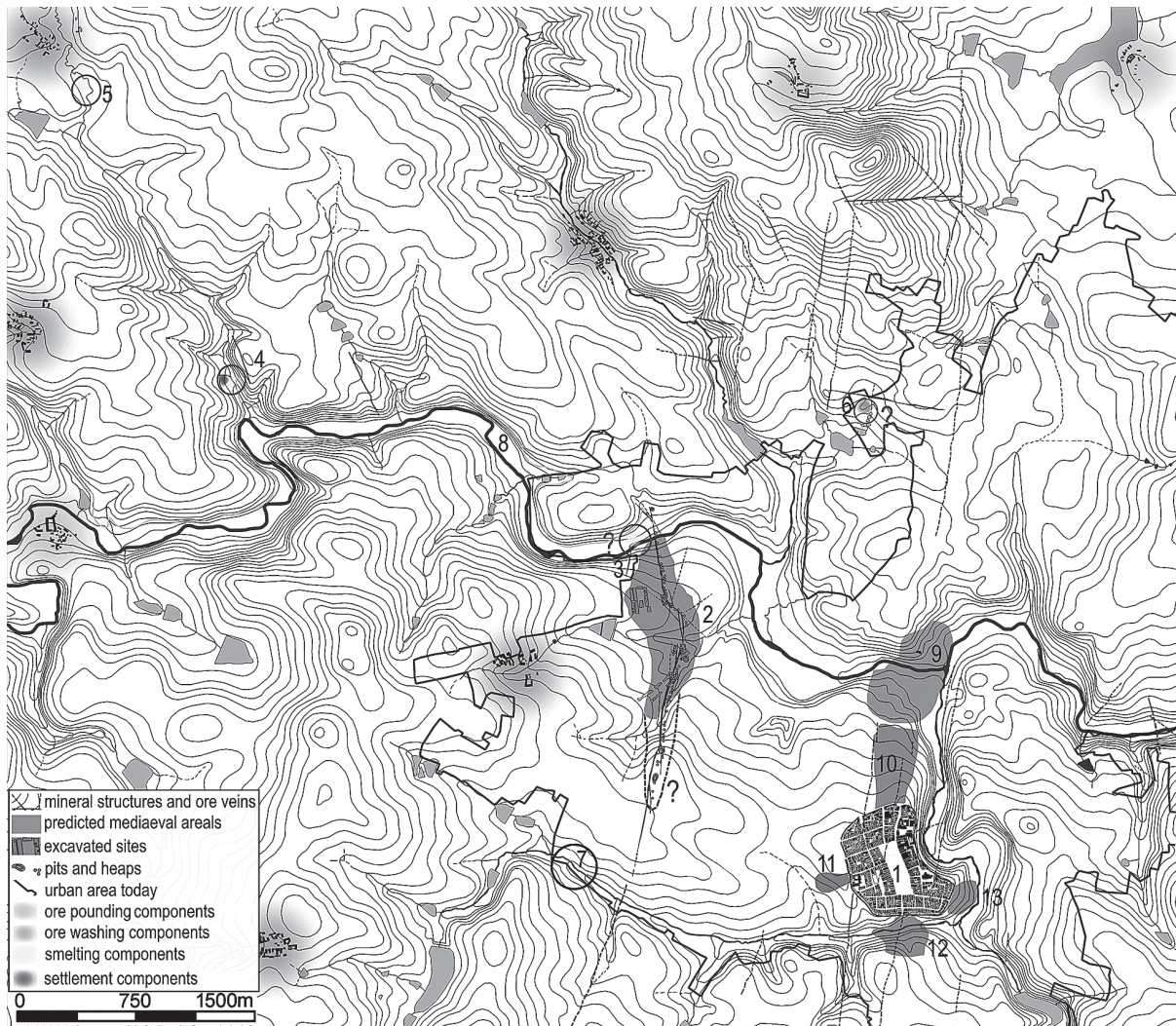


Abb. 1 Zentraler Erzrevier Jihlava (Iglau) mit Zeichnung der Dörferbereiche (nach der Kartierung um 1838). 1 – königliche Bergstadt *Jihlava*, die um 1240–1242 gegründet wurde (Zeichnung des mittelalterlichen Bereichs innerhalb der Stadtmauer); 2 – mittelalterliche Bergbauagglomeration *Altenberg (Antuquus Mons)* nach der Grabung 2002–2006 (*Hrubý 2011*) und nach einer historisch – topographische Analyse. Zeichnung der Gruben und Halden nach *J. Vosáhlo's* Georeferenz (*1982*) der Revierkarte von Johann Christian Fischer 1782; 3 – eine hypothetische Hütte, wo die schlacken gefunden wurden, und die nach einer historischen Analyse spätestens noch im 16. Jh. betrieben wurde; 4 – Schlackenplatz, Kleinburg und Wassergraben am Bělokamenský – Bach bei Vyskytná nad Jihlavou (Deutsch Gießhübel) und Plandry (Preitenhof). Datierung 13.–14. Jh.; 5 – Schlackenplatz im Bachaue bei Bílý Kámen (Weißenstein), Datierung 13. 15. Jh.; 6 – hypothetische Lokalisierung einer Aufbereitungsstätte am sog. Pfaffenhofer Zug; 7 – Grabungsort 2006, wo die Profile am Koželužský – Bach untersucht worden sind, und wo die Komponenten der Aufbereitungs- und Hüttenaktivität belegt wurden; 8 – Wassergraben zum Altenberg, der nach die Urkunde 1315 ins frühen 14. Jh. datiert wurde und der für die altenberger Bergbauunternehmer Heinrich Rothermell gebaut hat; 9 – hypothetisch modellierter Bereich der sog. *Alten Iglau* (1233 *Iglauia*, 14. Jh. *Civitas Antiqua*), d. h. des früheren Zentralortes mit Pfarrkirche Johannes der Täufer am Johannisberg; 10–13. hypothetisch modellierten Bereiche der zum Teil historisch oder auch archäologisch nachgewiesenen Vorstädte. GIS Unterlage Štěpán Černoš.





Abb. 2 Jihlava – Staré Hory (Iglau – Altenberg). Ausschnitt aus der Grabungsfläche I (Grabung 2002) mit Gruben- und Schächteüberreste (SW), mit einer Aufbereitungsstätte (Süden) und mit Bautenreste im Norden; nach Hrubý 2009.

## Prospektion, Abbau und Entwässerung

Abbau und Prospektion sind auf Grund von mehr als 80 Schürf- und Fördergruben (*Abb. 2.4*), Haldenüberresten mit Abräumen des tauben Gesteins und der Gangart, weiteren Roherzdeponien und Gezähe (Stemmeisen) nachgewiesen. Bei den Gruben handelt es sich um Objekte, die vertikal oder schräg angelegt, der Struktur und den geologischen Störungen entsprechen. Die tatsächliche Teufe ist bei den meisten Gruben nie festgestellt worden. Erreicht wurde die Sohle nur bei kleineren Gruben, die als Schürfschächte bzw. Schürfgruben angesprochen werden können. Bei den Förderschächten wurden in größeren Tiefen rechteckige Querschnitte erfasst. Diese Gruben bilden die Reste ehemaliger Schächte mit Zimmerung und Standardausbau. Zu den anderen Elementen können wir Entwässerungsvorrichtungen zählen (Haspeln, Wasserräder). Manche Ausgänge können mit einem Schutzdach oder einem Holzbau überdeckt gewesen sein. Aus der Sicht der Funktion der Schächte können wir mit Abbau-, Förder-, Entwässerungs- und Bewetterungsschächten rechnen. Die Anordnung der Schächte deutet den Verlauf des Nordteils der vererzten Dislokation an. Die Gründung, die gegenseitigen Entfernungen und das Auflassen richteten sich nach Regeln, die erst nach der Mitte des 13. Jh. in Form des Iglauer Bergrechts kodifiziert wurden. Interessant ist der Verlauf der Schürfgruben in regelmäßigen Entfernungen (ca. 3–5,5 m). Es handelt sich dabei um eine systematische Bergbauprospektion, wobei die Schürffelder mit Rücksicht auf den vorausgesetzten Verlauf der Vererzung gemessen und folglich auch angelegt wurden. Die Abstände zwischen den Abbaugruben betragen im Iglauer Altenberg ca. 28 m. Nach dem Bergrecht hat eine Verleihung (Bergfeld) an Hauer 7 Lachter (etwa 98 m), wobei hier mindestens drei Gruben gelegen sein sollen (*Vosáhlo 1998*). Die Abstände sollten somit etwa 33 m betragen, was aber mit der archäologisch tatsächlich nachgewiesener Fundsituation nicht gut übereinstimmt. Die Dichte der Gruben nimmt in Richtung Vererzung ab. Ganz interessante Fundsituationen stellen die Gruben mit Kanälen in ihrer Nähe oder Gruben mit eingetieften, regelmäßig angelegten Einrichtungen über der Schachtmündung dar, bei denen es sich um die Überreste hölzerner Konstruktionen der Schachtköpfe bzw. der Entwässerungsvorrichtungen handeln könnte (*Ježek – Hummel 2001*, 187, 210 f.).

## Scheiden, Aufklauben, Pochen, Mahlvorgang, Erzwäsche und Produktion des Erzkonzentrats

Scheidearbeitsplätze oder Aufklauborte könnten die Gestalt einfacher Bauten gehabt haben oder waren ohne jegliche Ausstattung. Indirekter Beleg sind das taube Gestein und die Gangart, z. T. noch mit geringen Aggregaten der Erze (Galenit, Pyrit und Sphalerit) auf den Abraumhalden bei den Abbaugruben. Pochen ist durch eine Deponie homogenen Schwerspatschlamm (Schwerspatschotter) in der Verfüllung eines der Gebäude erwiesen. Beleg für Erzmühlen sind Fragmente von Mahlsteinen. Erzmühlen wurden beim Mahlen bereits grob zerhauener Roherze verwendet. Wir unterscheiden zwischen Läufersteinen, deren Mahlflächen durch Rotation abgenutzt sind, und Steinen, bei denen die Mahlflächen sekundär gerillt sind und Dellen aufweisen. Es handelt sich wahrscheinlich um eine sekundäre Verwendung von Mahlsteinen als Unterlage für die manuelle Pocharbeit oder im klassischen Pochwerk.

Ziel der anschließenden Prozesse wie der Erzwäsche war die Produktion von Erzkonzentrat durch Seifen aus Roherz kleinerer Granulate oder von Erzaggregaten, deren Separation manuell nicht vorgenommen werden konnte. Ein wesentlicher Teil der mechanischen Erzaufbereitung und der Antrieb komplizierter Einrichtungen erfolgten mit Hilfe von Wasser, das durch ausgeklügelte Rinnen künstlich in das Areal geführt werden musste. Im zweiten Fall wurden die Erzwäschen an natürlichen Wasserläufen errichtet. In der gesamten Fundsituation am Altenberg sind Wasserbehälter am meisten verbreitet. Sie waren Teil von Gefügen oder standen selbständig bei den Gruben. Es handelt sich um rechteckige, selten auch kreisförmige Objekte mit standardisierten Maßen, manchmal mit Überresten von Holzwänden. Die zweite Gruppe bilden Kanäle, Rinnen und Gerinne, mit deren Hilfe das Wasser zugeleitet und der Schlamm, eventuell auch das Wasser,



Abb. 3 Jihlava – Staré Hory (Iglau – Altenberg). Ausschnitt aus der Grabungsfläche I (Grabung 2002); nach Hrubý 2009.



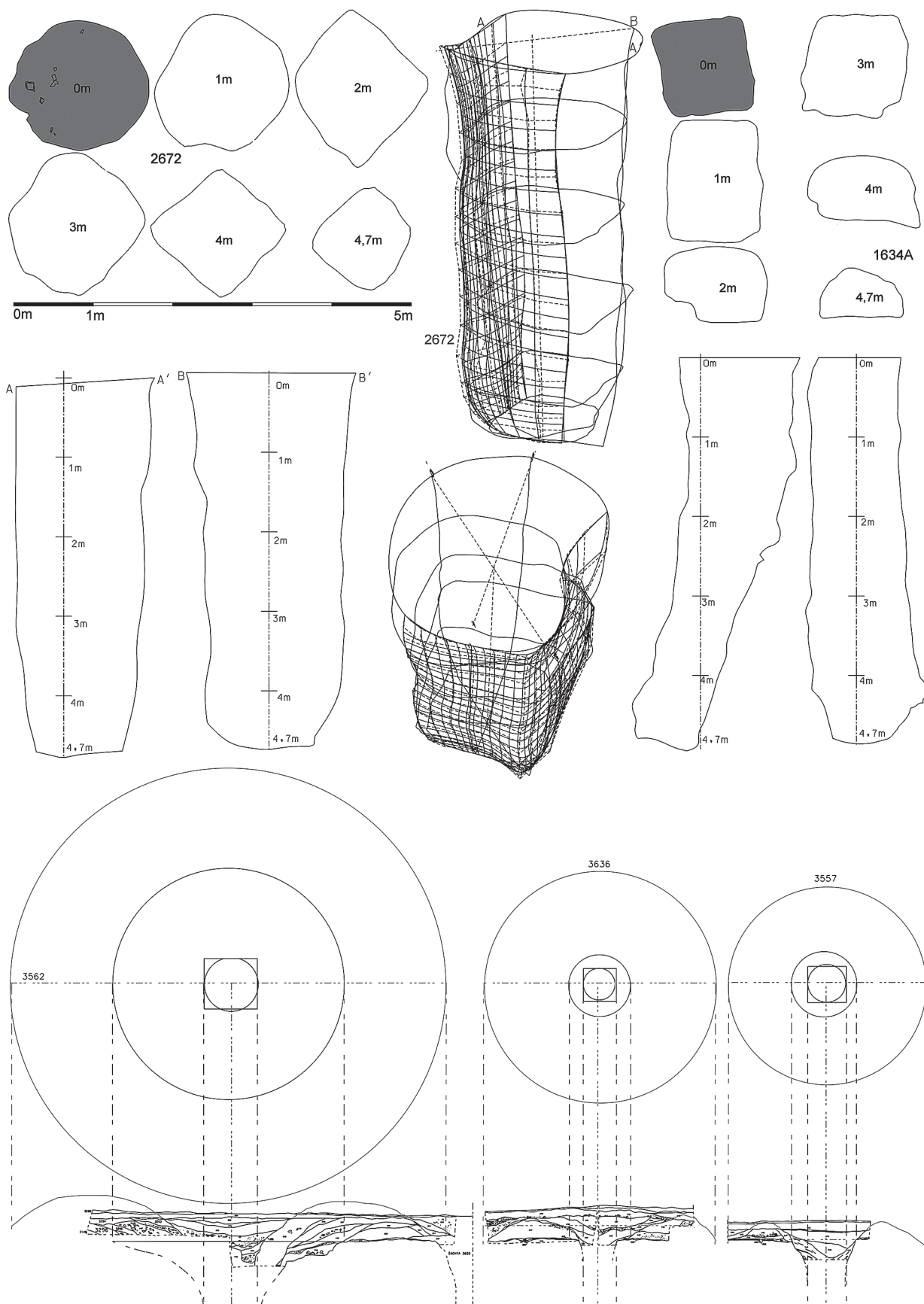


Abb. 4 Gruben und Schächte in Staré Hory. Oben die Schürfgruben in der Grabungsfläche I (2002; 3D Modellierung und horizontale Durchschnitte), unten drei Fördergruben auf dem Profil der Grabungsfläche III (2005 und 2006).

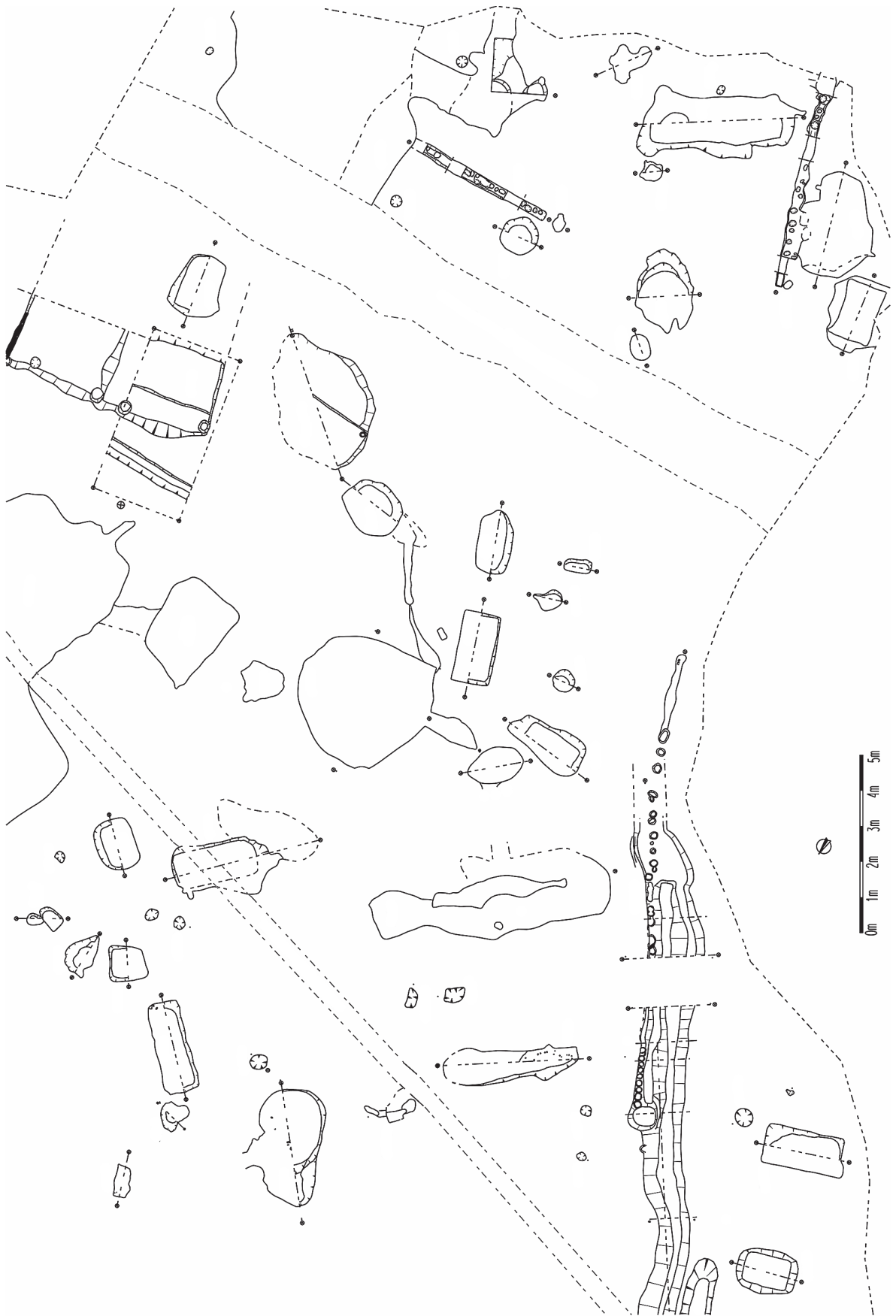


Abb. 5 Gruben und Schächte in Staré Hory.

aus den Gruben abgeleitet wurde. Überreste von der Wäsche wurden in der Nähe des Wohnareals und eines kleinen Wasserlaufs festgestellt. Die Anordnung besteht aus einem Kanal, der aus einer der Gruben mündet, daran schloss ein rechteckiges Objekt an, bei dem die Wand aus einer Pfostenreihe mit zugeschnittenem Boden bestand (*Abb. 5*). Ein ähnliches, allerdings weitaus größeres System wurde auf Fundstelle III abgedeckt (*Abb. 3*). Die Sedimente in den Wasserbehältern zeigen einen größeren Metallgehalt und in allen wurden technogene Teilchen (Schlacken) erfasst. Interessant ist die Anreicherung mit Silber in der Betriebsschicht der Kanäle und Wasserbehälter, was mit der Deponierung der Erzkonzentrate zusammenhängen könnte. In der Wäsche sind auch die Bleiwerte höher, deren Konzentration in der Betriebsschicht mit der Manipulation mit Erzen bei der Poch- oder Scheidearbeit zusammenhängen könnte.

Beim Arsen ist eine Interaktion zwischen angereichertem Boden und den Behältern in ihrer Nähe zu beobachten. Höhere As-Werte sind eher im Zusammenhang mit dem Rösten zu erwarten. Die Bindung an die Erzwäsche ist auch bei Cadmium und Zink zu beobachten, deren Vorkommen wiederum Indikator für das Rösten der Erze ist. Erzwäschen außerhalb der natürlichen Wasserquellen werfen die Frage nach der Wasserzuleitung durch ausgehobene Kanäle oder oberirdische Rinnen und nach einer Wasserwirtschaft des Bergbaus auf.

### Metallurgie versus Fehlen von Verhüttungsspuren

Überreste von mehr als zehn Öfen, Herden und Essen sind von der Interpretation her am problematischsten, und es sind bisher in dieser Hinsicht nur ganz geringe technologische Elemente gefunden worden. Diese Objekte können als Beleg für den Röstvorgang von Erzen, Hüttenschmelzen, Verbleiung, Abtreibung, Brennen des verhütteten Silbers, Probierschmelzen, Gießen und Schmieden gelten. Archäologisch wurden flache Feuerstellen mit ovalem Grundriss und schüsselförmigem Profil und Spuren von Feuereinwirkung gefunden. Sie erscheinen alleinstehend, jedoch geläufig ist ihre Aufstellung an der Grenze der Halden, was den Eindruck von Rösten direkt bei den Halden erweckt, an denen das abgebaute Erz verarbeitet wurde. Durch das Rösten wurde eine größere Nachgiebigkeit des Erzes beim eventuellen Mahlvorgang bewirkt, ferner wurden teilweise unerwünschte Metalle und Stoffe beseitigt (As, Sb, S) und die sulfidischen Erze in verhüttbare Bleioxide umgewandelt. Eine weitere Gruppe bildeten kleinere, birnen-, kreisförmige oder ovale Ofengruben der Maße von max. 20–40 cm Durchmesser. Die letzte Gruppe sind birnenförmige oder ovale Öfen mit einer Länge von etwa 1 m, Spuren der Feuereinwirkung, mit lehmverschmierten Wänden und Böden und in einem Fall sogar mit Steinwänden. Die paläometallurgischen Funde bestehen aus einer kleinen Gruppe von Verhüttungsschlacke mit höherem Ag-, Cu-, Zn-, Sb-Gehalt. In einigen finden sich große Pb-Gehalte (bis zu 8 % der Gesamtmasse), was auf bleireiche Erze hinweist und prinzipiell nicht ungewöhnlich ist, denn Blei selbst kann neben Silber auch ein Hauptprodukt der Hüttenbetriebe sein und könnte einen Handelsartikel dargestellt haben. Eine andere Gruppe bilden Bleiausgüsse ohne nennenswerten Anteil anderer Metalle, die als unbeabsichtigter Verlust z. B. bei der Verbleiung oder beim Treibprozess entstanden sein können. Eine Ausnahme sind amorphe Ausgüsse von „Glockenbronze“, für die ein Leitfaden auch eine spätere Erwähnung bei Lazar Ercker über das Prüfen von fragmentarischer Glockenbronze auf Silber sein kann (*Abb. 6*). Interessant sind Funde von hitzegeschädigten Keramikfragmenten aus einem der Gebäude, mit einer metallhaltigen Schmelzmasse an der Oberfläche, die neben den sekundären Mineralen sehr hohe Pb- und Cu-, aber auch Ag-, Zn- und As-Gehalte zeigen. Der Befund könnte mit Probierschmelzen zusammenhängen, was in den Bergwerken oder auch in kleineren Werkstätten, eine selbstverständliche Erscheinung darstellt. Indizien für das Probieren sind auch Bleigewichte, die im Wohnareal gefunden wurden (*Vitouš 1974, 70–81*).

### Staré Hory: Ein Beispiel für eine zentrale Bergbausiedlung

Bei der Grabung wurden insgesamt 19 Grubenobjekte und zwei oberirdische Gebäude erfasst. In einem Fall handelt es sich um den steinernen Kern eines Kellers, dessen Maße den sogenannten



Grubenhäusern entsprechen. Bei den abgebrannten Gebäuden wurden verschiedene Konzentrationen von Fragmenten der Lehmausschmierung und Verschmierung gefunden. Die Analyse des Befundes weist auf mehrere Siedlungskerne hin, deren tatsächliche Ausdehnung und Urbanismus wir nicht kennen. Die Vorstellungen über die Gestalt der Holz-Lehm-Gebäude können auf verschieden gut erhaltene Befunde gestützt werden. Bei den Bergbausiedlungen bewegen sie sich von einfachen Grubenhäusern mit Giebeldach bis hin zu mehrstöckigen Fachwerkhäusern mit Steinkern. Eine hochentwickelte Agglomeration zur Zeit der gipfelnden Prosperität integrierte neben sozialen und Bauelementen der rustikalen Welt auch aus dem städtischen Raum übernommenes Brauchtum. Die Mieter der Gruben und die Spezialisten, die keine Parzelle mit Haus in Iglau besaßen, könnten Gebäude bewohnt haben, deren Vorbild das Stadthaus war. Spezifisch für Staré Hory ist auch eine reiche materielle Kultur (Schnallen, Aufnäharbeiten, Münzen, Schloss, Schlüssel, Baubeschläge, Trinkgefäße aus Glas). Unerklärt bleibt nach wie vor die abweichende Ausstattung mit Keramik, in der die geläufigen Formen der Gebrauchskeramik vertreten sind, jedoch Vorratsgefäße fehlen. Spezifisch ist auch die Frage nach der Versorgung mit Trinkwasser, da offensichtlich ist, dass die örtlichen belasteten Wasserläufe diese Funktion nicht erfüllt haben können. In Betracht kommen oberirdische Wasserleitungen aus Holz. Zur Datierung trägt ein Komplex von Keramikfunden aus der Mitte des 13. und Anfang des 14. Jh. bei. Etwa in das 13. Jh. gehören bogen- oder kreisförmige Bronzeschnallen. Datierungsgrundlage ist ein Pfennig des mährischen Markgrafen Vladislav (1246–1247) und Brakteate Ottokars II. (1253–1278).

### Hüttenbetriebe im Erzrevier Jihlava (Iglau): der Forschungsstand

Die oft kurzfristige Existenz der Bergbau-, Aufbereitungs- und Hüttenbetriebe mit Bergbausiedlungen findet nahezu keinen Niederschlag in den zeitgenössischen Schriftquellen, so dass eine Grabung oft die einzige Untersuchungsmöglichkeit darstellt. In dieser Hinsicht ist der Stand im Erzrevier von Havlíčkův Brod (Deutschbrod) am besten (*Malý – Rous 2004*). Unter den Visitationsberichten des 16.–17. Jh. tritt der Bericht des Bergbaumeisters Elias Günther und des David Wolfrum hervor, demzufolge in der Umgebung von Iglau mehrere Hüttenbetriebe zu sein pflegten, was die damals immer noch sichtbaren Schlackehalden belegen sollten (*Vosáhlo 2009, 297*).

Von der Verhüttung innerhalb der Bergbauagglomeration am Altenberg bei Jihlava (Iglau) zeugen bislang nur wenige Funde von Hütten Schlacken und Ofensauen mit Silber- und Bleigehalt. In keinem Fall liegen direkte Spuren massiver Erzverhüttung vor. Deshalb müssen sich die Hüttenbetriebe selbst, die nach fünf Jahren intensiver Grabung noch immer nicht entdeckt werden konnten, an anderer Stelle befunden haben. Wahrscheinlich sind sie unmittelbar am Ufer des Jihlava-Flusses zu lokalisieren, d. h. in einer Entfernung von 200 m bis 800 m von den archäologisch entdeckten Abbau- und Aufbereitungseinrichtungen (*Abb. 1.3*).

Eine bedeutende Mikroregion war der Bělokamenský-Bach westlich der Stadt, an dem mehrere Fundstellen liegen (*Abb. 1.4–5*). Die erste befindet sich am Unterlauf mit einer Kleinburg (Turmhügel, Motte). Im Bachbett unter dieser Motte wurden zahlreiche Schlackefunde getätigt, die einen Hüttenbetrieb andeuten. Interessant sind die größeren Bleigehalte in den Schlacken, was für eine Verhüttung reicher Silbererze spricht. Vom Fundort stammt eine kleinere Menge Keramikfunde aus dem 13.–14. Jh. Zusammen mit einem anderen Schlackenplatz am Oberlauf des Baches bei Bílý Kámen (Weissenstein) handelt es sich um eines der wenigen bekannten Areale dieses Typs (*Malý – Vilímek – Vokáč – Žimola 2007*). Aufbereitungsanlagen und Hüttenbetriebe wurden auch am Koželužský-Bach 850 m südlich von Staré Hory in den Profilen des Bachbettes erfasst (*Abb. 1.7*). Der hohe Anteil an zermahlenem und zertrümmertem Schwerspat deutet auf Wäscheabfall, der hier nach der Separation von Erz deponiert wurde. Die Größe der Fragmente schwankt zwischen 1,5 und 4 cm. Durch die Analyse wurde auch eine Fraktion von Barytsplitt in der Größe von Zehntelmillimetern bis 5 mm erwiesen, die Produkt der Erzmühlen sein kann. Sediment der einheitlichen Fraktion, der Zusammensetzung der Gesteine und Minerale ist das hier gewaschene Roherz. Verhüttungsabfall sind scharfkantige Fragmente von verglaster Schlacke, die bei einigen Proben mehr als die Hälfte der Masse ausmachen. In den Sedimenten mit diesen

Komponenten wurden extrem hohe Metallanreicherungen (Pb, Zn, As, Cu und Cd) gemessen. Der Befund darf als Raum in der Nähe der Aufbereitungsanlagen interpretiert werden, wohin das Erz aus den nahegelegenen Gruben transportiert wurde und von wo aus es als Mischung zusammen mit gemahlener Schlacke weiter in die Hüttenbetriebe gelangte.

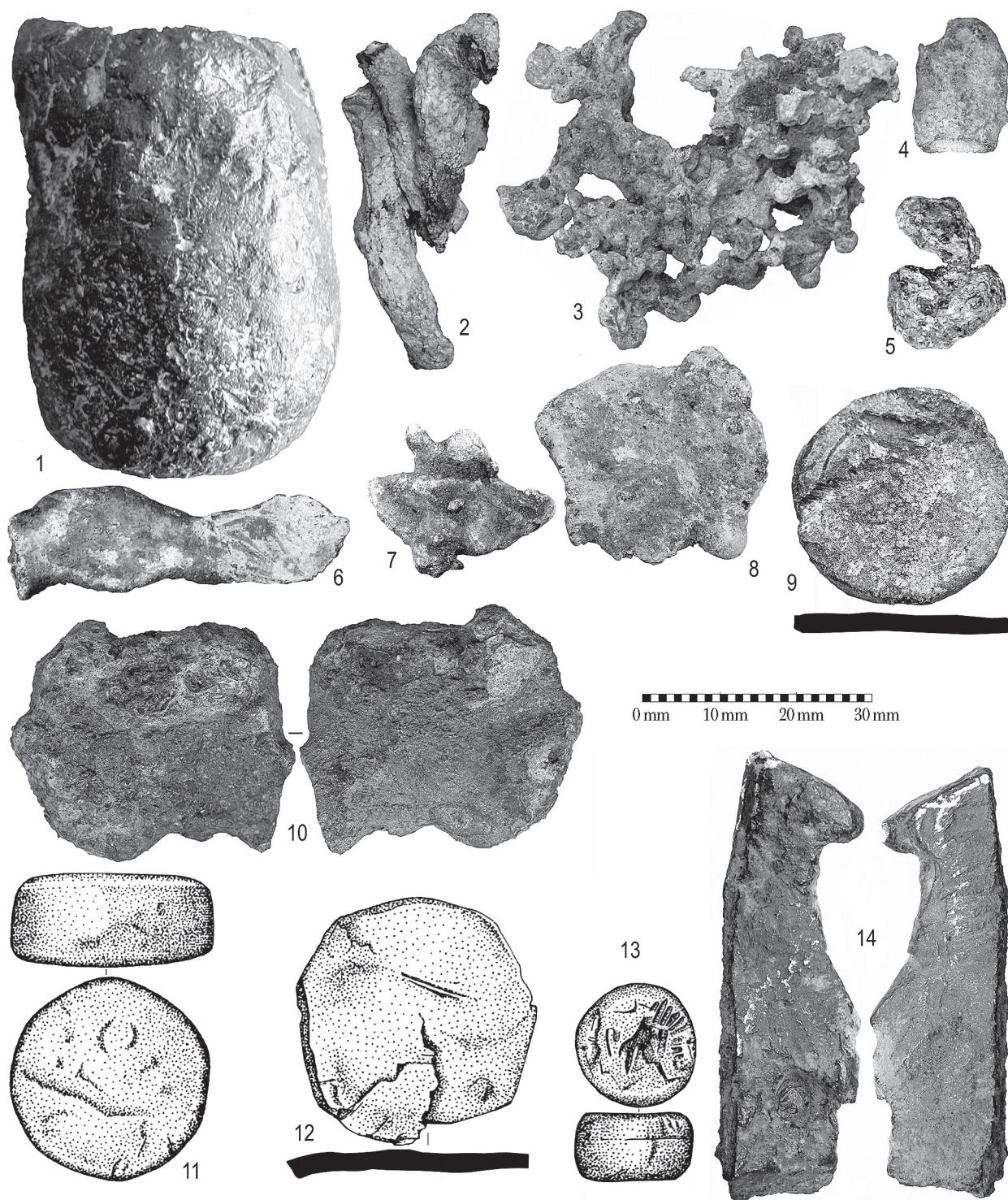


Abb. 6 Überreste metallurgischer Prozesse. 1: Abguß aus einem kleinen, dreieckigen Schmelztiegel, Staré Hory III (Grabung 2005); 2–8: Bleiausguße (Probierschmelzen, Treibprozess oder die Bleiarbeit?); 9, 11–13: Bleigewichte (Staré Hory I, Grabung 2002 und frühere Begehung); 10: Stück aus einer Zinn-Kupfer-Legierung (Glockenbronze), Staré Hory III (Grabung 2005); 14: silberne Ofensau (Silberbarren), Staré Hory I (Grabung 2002).



## Die Produktions-/Distributions- und rechtlichen Beziehungen zwischen dem Iglauer Altenberg und der Bergstadt Iglau im 13. Jahrhundert: Fakten und Spekulationen

Silber und Blei bildeten den Grundstein der Wirtschaft der Bergbauzentren. Blei wurde in die Hüttenbetriebe geschafft, wo die bleiarmen Erze geschmolzen wurden, sodass neben Silber auch eine eigene Bleiproduktion am Altenberg erwogen werden muss, mit der einige Betriebe befasst gewesen sein werden. In dieser Hinsicht ist der Altenberg-Staré Hory wegen der Unmöglichkeit, heute den ursprünglichen Zustand der Lagerstätten zu rekonstruieren, problematisch. Einzigartiger Beleg für die Produktion von Silber mit hohem Reingehalt ist ein Silberbarren aus der Umgebung der Wohngebäude (Abb. 6.14).

Für die zweite Hälfte des 13. Jh. finden sich Belege, dass ungemünztes Silber in Form von Ofensauen in den Umlauf kam; deren Vorkommen ist ein Schlüssel zum Verständnis ihrer Funktion und Bedeutung. Für Böhmen lässt sich ihre Verwendung als ungemünztes Zahlungsmittel für die zweite Hälfte des 13. und den Anfang des 14. Jh. erkennen. Ihre Einbeziehung in den Geldumlauf spiegelt den Konflikt zwischen Bedarf an großen Nominalen und leichten Brakteaten wider, die für größere Zahlungen ungeeignet waren. Deshalb kam es offenbar zum Ersatz schwererer, nicht verfügbarer Münzen durch Ofensau-Silber, dessen Form, Gewicht und Feingehalt jedoch unbeständig war und stets durch Wiegen festgestellt werden musste.

Das am Altenberg hergestellte Silber war Gegenstand des Exports oder wurde von der Iglauer Münzstätte aufgekauft. Innerhalb der Stadtmauern können wir im 13. Jh. mit mehreren Schmelzen und Probierschmelzen rechnen, evtl. mit ihrer Verlagerung im Rahmen einer beschränkten Zahl von Häusern, denn die Belege für Metallurgie stammen von mehreren Stellen, obwohl primäre Verhüttung hier nirgendwo belegt ist. Zu den interessantesten gehört Masarykovo-Platz 1 und 2 (Rathaus) mit Spuren von Metallurgie. Es handelt sich um Hüttenschlacke, Buntmetallausgüsse, Wandfragmente von Öfen, Fragmente von Schmelzkeramik und einen Hortfund mit Münzen. Zu den Belegen für Schmelzen und Probieren gehören auch Bronze- und Kupferausgüsse mit höherem Sn-Gehalt wie z. B. bei der Bronze von Staré Hory. Eine andere Gruppe stellen die Wandfragmente von Öfen oder Fragmente von Schmelzriegeln überwiegend aus Graphitkeramik dar, die auf Reduktion beim Probeschmelzen hinweisen. Bei der Frage nach Lage und Datierung der Iglauer Münze bilden der Hortfund von Pfennige des Typs *Cach 1974*, 48, č. 899 und ihm entsprechende Rohlinge ein wichtiges Indiz. Es handelt sich um eine Markgrafenprägung Přemysl Ottokars II. (1247–1253). Die meisten Münzen enthalten 98 % Silber, was der Zusammensetzung des Silberbarrens von Staré Hory nahekommt.

Es lässt sich lediglich vermuten, dass sich bereits seit den 40er Jahren des 13. Jh. eine Beziehung zwischen der Stadt und den Bergbauzentren in ihrem Hinterland entwickelte. Sowohl aus der Sicht der damals sicherlich umfangreichen Bergbauaktivität, als auch aus der Sicht der Konzentration der Bevölkerung stellt Staré Hory ein außergewöhnlich großes Siedlungs- und Betriebszentrum dar. Das Bild vom Verhältnis zwischen königlicher Bergstadt und den Bergwerken mit ihrer charakteristischen Eigenart, aber auch von einem gewissen wirtschaftlichen und legislativen Übergewicht bei der Stadt, geht von Urkunde A des Iglauer Stadt- und Bergrechts aus. Sollte die Urkunde frühestens nach der Mitte des 13. Jh. entstanden und die Anfänge der Besiedlung sowie des Bergbaus in Staré Hory mit einer gewissen Vorsicht kurz vor die Mitte des 13. Jh. anzusetzen sein, kommt die Frage auf, welcher Art die Beziehungen zwischen dem Zentrum am Altenberg – Staré Hory und Iglau vor der frühesten Kodifizierung waren. Spekulativ ist zu erwägen, ob in den 40er–50er Jahren, also in der Zeit zwischen dem Einsetzen des Erzabbaus und der Niederschrift von Urkunde A, die reale Stellung von Staré Hory in mancher Hinsicht mit der neugegründeten Stadt gleichwertig gewesen sein könnte. Analoge Bergbauzentren oft kleinerer Maßstäbe und Bedeutung, hatten in den traditionellen Montanregionen Westeuropas nicht selten den Status einer Stadt. In der Anfangszeit des Abbaus am Altenberger Zug könnte somit die demographische, urbanistische und Wirtschaftsentwicklung der Agglomeration auf eine Bergstadt hinausgelaufen sein, die Gründung der Stadt Iglau muss jedoch allen Urbanisierungsprozessen am nahe liegenden Altenberg ein Ende bereitet haben.



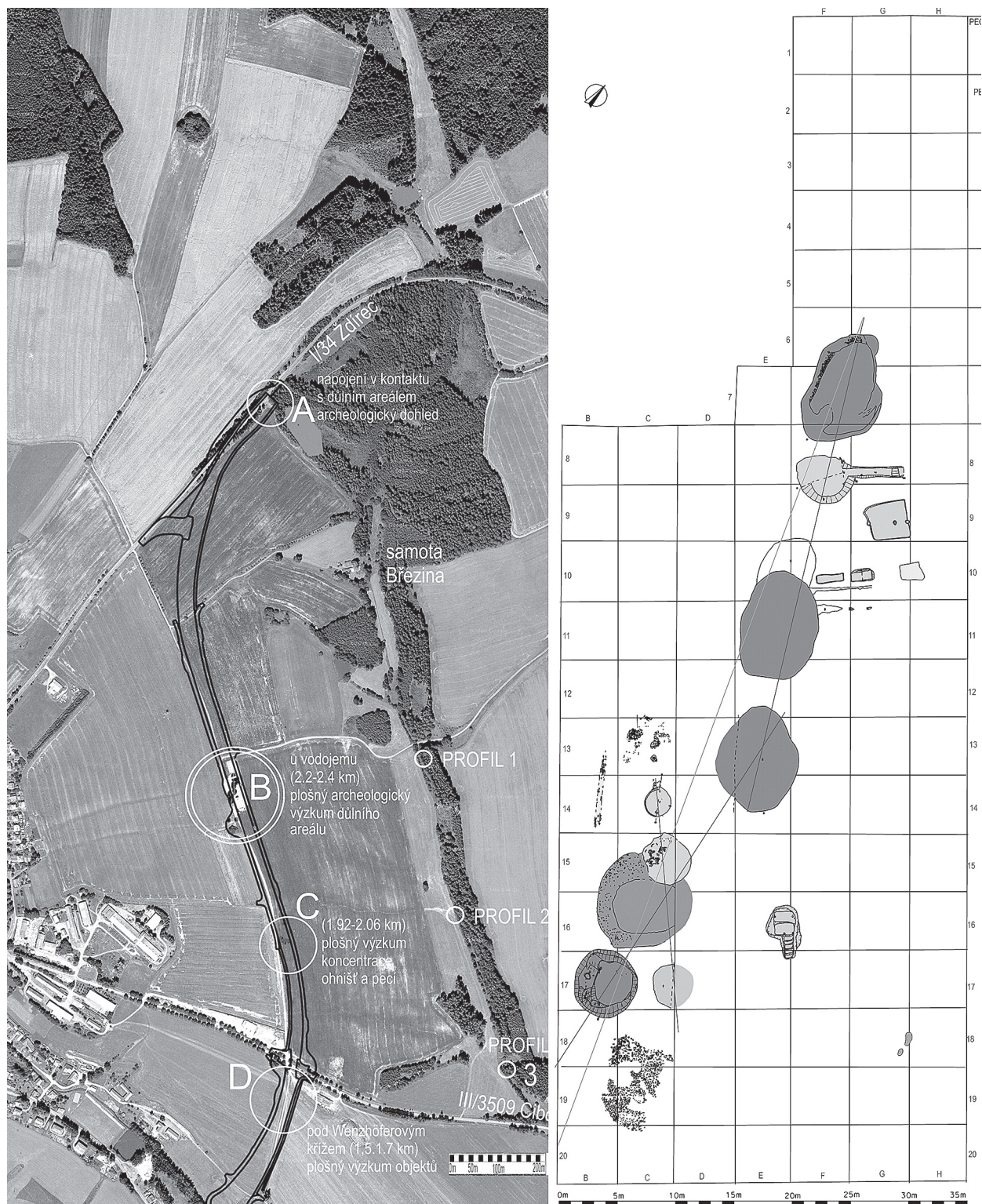


Abb. 7 Karte der Umgebung Česká Bělá (Biela; nach Koutek 1960) mit Zeichnung der Geländeüberreste des alten Bergbaus und archäologisch untersuchten Bergbauareale und Profile im Bachsediment. Rechts: Gesamtplan der Grabungsfläche des mittelalterlichen Förderareals.



## 4. Česká Bělá im Erzrevier Havlíčkův Brod (Deutschbrod) als Beispiel für einen Kleinbetrieb

### Prospektion und Erzabbau

Im Rahmen des Erzreviers Havlíčkův Brod (Deutschbrod) gehört der Markt Česká Bělá (Biela) zu den bedeutendsten Fundorten (*Koutek 1960; Malý 2001*). Die erste Erwähnung stammt aus dem Jahr 1257, als Smil von Lichtenburk urkundlich den Zehnt aus den Erträgen der Silbergruben in Brod, Bělá, Šlapanov und Přibyslav den Zisterziensern von Sedlec, Hradiště und Žďár zusprach (*CDB V/1, 223*). Das untersuchte Bergbauareal befindet sich nordöstlich der Marktmittelpunkte auf einer Anhöhe von 540–560 m üNN. Bei der Grabung 2007–2008 wurden Abbau- und Schürfgruben entdeckt, Überreste der Aufklaubensorte, Indizien für Erzwäschen, pyrotechnologische Objekte und zwei Baureste. Für Fördergruben halten wir 7 Objekte mit Durchmesser von 4–9 m im Planum (*Abb. 7*). Eine weitere Gruppe besteht aus einer Serie oder besser Linie von kreisförmigen und rechteckigen Schürfgruben. Die Verteilung von Schwermetallanreicherungen zeigt Konzentrationen, die als direkte Folge der mittelalterlichen Bergbau- und Aufbereitungstätigkeiten zu interpretieren sind. Der Schwerpunkt der Zn, Cd und Pb Anreicherung im Boden liegt westlich der größten Gruben. Auf der heute abgetragenen Halde lagen zur Zeit der Betriebs sehr wahrscheinlich kleinere Kippen von Roherz, das hier ausgeschieden und ausgeschlagen wurde. Eine Ausnahme bildet eine Boden-anreicherung mit Kupfer, das im Unterschied zu anderen Elementen hier östlich einer der größeren Gruben erscheint. Rein hypothetisch könnte dies bedeuten, dass die Kupfererze an einer anderen Stelle ausgeschieden und ausgetrieben wurden, da im Unterschied zu den Sulfosalzen von Blei, Zink oder Eisen andere und kompliziertere Verhüttungsverfahren zur Anwendung kommen mußten (*Vaněk – Velebil 2007*).

### Ausscheiden, Ausschlagen und Rösten aus der Sicht der Geochemie

Ein Beleg für die primäre Erzaufbereitung wurde bei einer der Fördergruben entdeckt und dokumentiert. Hier befanden sich zwei ovale flache Feuerstellen mit Brandspuren, beide in der Nähe der Roherzdeponie zusammen mit Fragmenten der Gangart und eingesprengten Erzkörnern und



Abb. 8 Česká Bělá, Grabung 2007–2008. Archeologische Spuren eines Aufklaubensortes mit zwei Feuerstellen, die nach der Bodenmetallometrie als die Röstbetten interpretiert werden dürften (vgl. Abb. 9).

Erzaggregaten (Abb. 8 und 9). Hier wurden im Boden und im Inneren der Feuerstellen wesentlich höhere Konzentrationen von Blei und Silber gemessen. Am deutlichsten kommen sie bei Arsen und Kadmium zum Ausdruck, und zwar innerhalb der Arbeitsstelle um die Feuerstellen, was ein Indikator für den Röstvorgang ist, bei dem diese Elemente aus dem hier aufbereiteten und gerösteten Erz freigegeben wurden (Abb. 9). Außerordentlich war eine Feuerstelle im Inneren

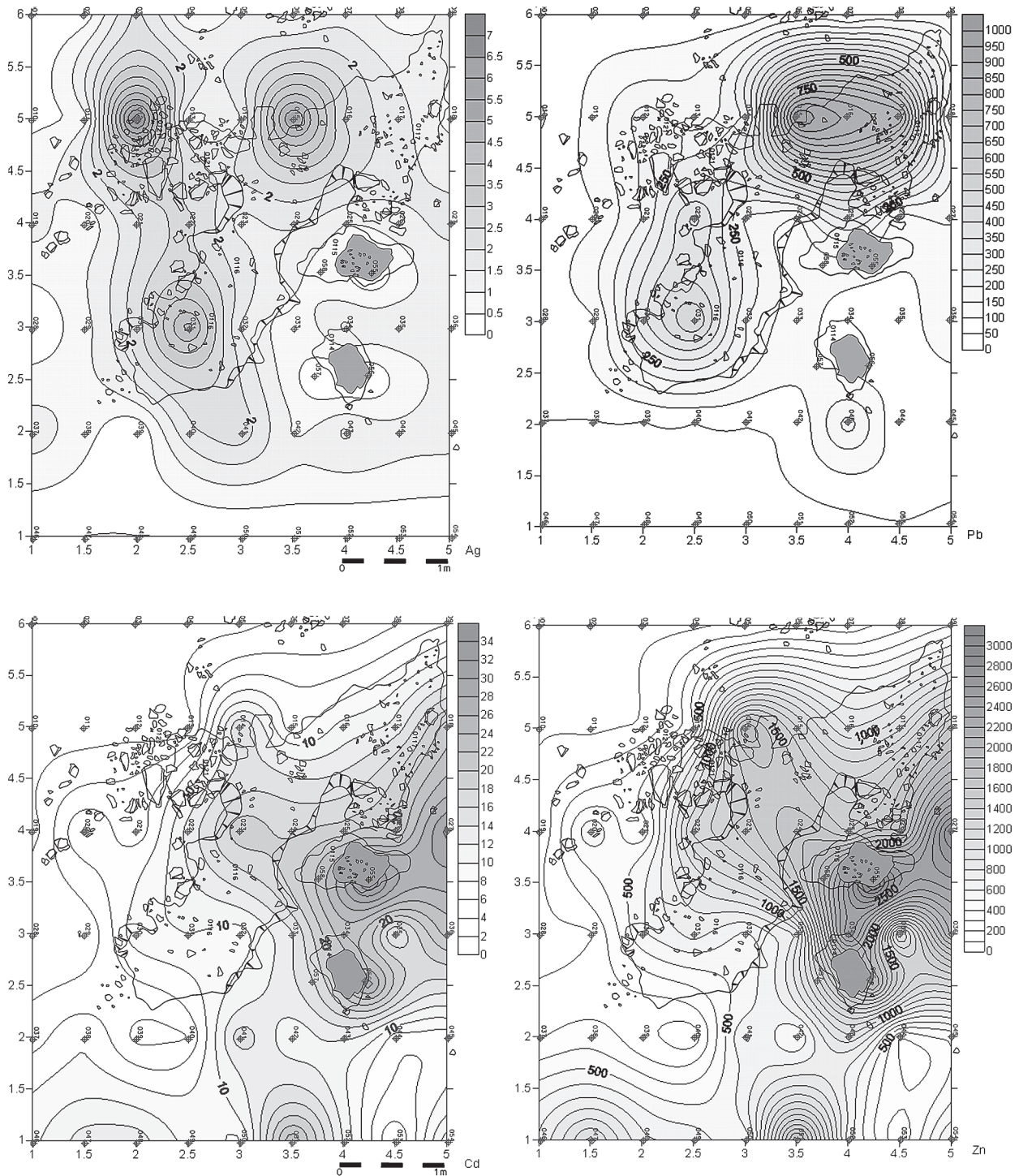


Abb. 9 Česká Bělá, Grabung 2007–2008. Metallogramm im Arbeitsraum um die Feuerstellen und Haldenbase. Schwermetallanreicherungen (Ag, Pb, Cd und Zn) im Boden deuten darauf hin, daß es um einen Aufklaubensort mit Röstbetten handelt, in denen die silberhaltigen Blei- und Zinkerze aufbereitet wurden.



eines seicht angelegten Baus mit Pfosten der Überdachung. Metallometrisch wurden auch hier höhere Cu-, Pb- und Zn-Gehalte und in der Verfüllung des kleinen Ofens auch Ag-, As- und Cd-Werte gemessen. Auf dem Fundort wurde auch ein unterirdischer Raum eines der Gebäude (sog. Grubenhaus) erfasst. Er hatte einen rechteckigen Grundriss mit Eingangsrampe, die an eine der Kurzseiten der Maße  $2 \times 1,8$  m anschließt. Im Boden befanden sich vier Pfostengruben. Beim Eingang wurden 6 Stufen festgestellt. Die Keramikfunde stammen aus der zweiten Hälfte des 13. bis zum Anfang des 14. Jh.

### **Gold- und Erzwäsche im Bachbett**

Im Tal und Bett des Baches Březina wurde im 13.–14. Jh. Erz gewaschen. Belegt ist dies u. a. durch eine Analyse der untersten Bodensedimente in einem der Profile. Im organogenen Bodensediment, in einer Tiefe um 200 cm, wurde ein Holzbrett entdeckt, das höchstwahrscheinlich als Bestandteil einer Einrichtung zur Gold- oder Erzwäsche zu interpretieren ist. Die metallometrische Analyse hat erwiesen, dass das Sediment geochemisch deutlich mit Schwermetallen, aber vor allem mit Gold angereichert ist. Die kalibrierten Radiokarbon-Daten aus diesem Holzfund bewegen sich in der Zeitspanne 1016–1155 und bilden somit das bisher früheste Indiz für Goldabbau auf der Böhmischemährischen Höhe. Beim Abbau gelöstes Nebengestein findet sich in Tiefen bis zu 200 cm auch auf einem weiteren Profil. Geochemisch wurde hier zumeist Zink und Antimon erfasst, was auf eine Verarbeitung von Sphaleriterz hindeutet. Die Radiokarbonaten der Makroreste bewegen sich hier um 1274–1388, was der Blütezeit des Bergbaus unter den Lichtenburgern und kurz danach entspricht.

## **5. Cvilínek im Erzrevier Pelhřimov als Beispiel für eine kleine Aufbereitungsanlage**

Der Befund, der die Erkenntnisse zum Silberbergbau und den Aufbereitungstechnologien des 13. Jh. im tschechischen Raum in den letzten Jahren präzisiert hat, ist eine außerordentliche Aufbereitungsstätte bei der Gemeinde Černov im Erzrevier Pelhřimov (Pilgrimm). Ihre Bedeutung beruht vor allem auf der bisher nie da gewesenen Menge an Spuren mehrerer technologischer Prozesse und Arbeitsorte mit überaus gutem Erhaltungszustand. Das Areal befindet sich am Oberlauf des Kamenička-Baches (640 mNN). Der mittelalterliche Betrieb hängt mit einer kleinen hydrothermalen Erzlagerstätte zusammen, die NO-SW auf einer Länge von ca. 1000 m verläuft. Ihre Entfernung vom Grabungsareal beträgt 40–100 m (*Abb. 10*). Hauptgangart war den Proben zufolge weißer Quarz, die Vererzung bestand aus Galenit, schwarzem Sphalerit, Pyrit und wohl auch Arsenkies.

### **Mehrphasiges Ausscheiden und Ausschlagen von Roherz**

Im Nordostteil des Areals wurden Belege für primäres Ausscheiden und Aufklauben der abgebauten Gangart und des Roherzes entdeckt. Bei einigen Konzentrationen handelt es sich um taubes Gestein ohne Erz, das grob ausgeschieden und auf andere Orte zu einer weiteren Verarbeitung transportiert wurde. Auf den Deponien näher zum Wasserlauf hin befindet sich somit bereits die Quarzgangart mit Erz. Es ist also davon auszugehen, dass hier taubes Gestein ausgeschieden und aus der Gangart erzhaltige Stücke und Aggregate ausgesucht wurden. An den noch niedriger gelegenen Werkorten in Bachnähe sind relativ oft Stücke der Gangart mit Erz vertreten, obwohl es sich überwiegend um Pyrit handelt. Hier wurde die Gangart abgehauen und auf kleinere Fraktionen zerschlagen, wobei Fragmente mit Erz ausgesondert und weiterverarbeitet wurden. Schließlich finden wir auf den Deponien ganz in der Nähe der Erzwäsche Konzentrationen von Fragmenten vererzter Gangart, was von einem gewissen Zwischenlager des Rohstoffs spricht, bevor er weiter aufbereitet wurde (Zerschlagen, Mahlen, Sieben und Wäsche).



Abb. 10 Wiesegrund und seit 2010 eine Talsperre Cvilínek in der Gemarkung Černov. Oben: Luftbild mit Zeichnung der Grabungsfläche 1; 2: Dorfmitte Černov; 3–7: Geländeüberreste des Erzbergbaus (Gruben mit Halden). Unten ein Gesamtplan des Erzabbau- und Aufbereitungsbetriebe.





Abb. 11 Erzwäsche in Cvilínek: Beispiele der Behälter.



## Immer dieselben Belege für Erzmühlen

Bei einigen Deponien ist eine nahezu unifizierte Fraktion (Granulage) erkennbar, die sich bei einzelnen Halden unterscheidet. Dies könnte ein Beleg für das Sieben des Roherzes sein, das vorher gepocht oder grob gemahlen wurde. Teil des Befundes sind Fragmente von Mahlsteinen, also Überreste von Erzmühlen. Es wurden vier Fragmente aus Granit gefunden, nächstgelegene vergleichbare Funde sind die Erzmahlsteine von Altenberg-Staré Hory bei Jihlava. Genauso wie dort wurden auch in Cvilíněk anhand der Arbeitsspuren zwei Gruppen unterschieden. Die erste besteht aus Läufersteinen mit Arbeits- und Abnutzungsspuren durch die Rotation beim Mahlen in Form konzentrischer Rillen, die zweite aus Läufersteinen, deren Reibfläche sekundär deformiert ist und verschiedene Dellen und Rillen zeigt. Es handelt sich um einen Beleg für die sekundäre Verwendung der Mahlsteine in der Pocharbeit.

## Erzwäsche im Bachbett „live“

Einzigartig an der Erzwäsche in Cvilíněk sind die erhaltenen Holzzisternen bzw. Behälter (*Abb. 11*), weiter die ausgeflochtenen Betten oder die ausgehöhlten Rinnen. Das zugeleitete Wasser sowie der Erzschlamm wurden hier reguliert getrennt und die Erze durch Gravitation ausgesondert. Von den Arbeitsschritten ist hier wahrscheinlich nasses Sieben des Materials mit sehr kleiner Granulation zu erwägen, da es im Trockenen zu Verlusten durch Zerstäuben gekommen wäre. Ferner handelt es sich um manuelles Seifen in einer Schale, dessen Abfall die Gangart und das Nebengestein ohne Erz auf dem Boden der Zisterne sedimentieren sollte. Den dritten Prozess bildet das bloße Waschen größerer Roherzstücke (Aggregate), um sie visuell weiter ausscheiden zu können. Ein Produkt der Erzwäsche war ein reines Erzkonzentrat, das dann in die Röst- und Hüttenöfen gelangte, wo es geröstet, geschmolzen und eventuell in Blei aufgelöst wurde. Unter den Holzfunden wurden mehrere Geräte unterschieden, die bei der Aufbereitung von Erzsplitt zur Anwendung kamen. Es handelt sich um Bretter einer Form, die als Rührgerät angesprochen werden kann. Sie sind immer rechteckig, die längeren Kanten abgeschrägt und eine Kurzseite besteht aus einem kurzen Griff, bzw. der Andeutung für ein Ansatzstück. Gefunden wurden sie in der Nähe der Rinne bzw. der Zisterne und dienten wahrscheinlich zum Waschen des Erzschlammes, zum Trennen unterschiedlicher Fraktionen der Erze oder zum Zutreiben des gewaschenen Roherzes in die Wäschezisterne.

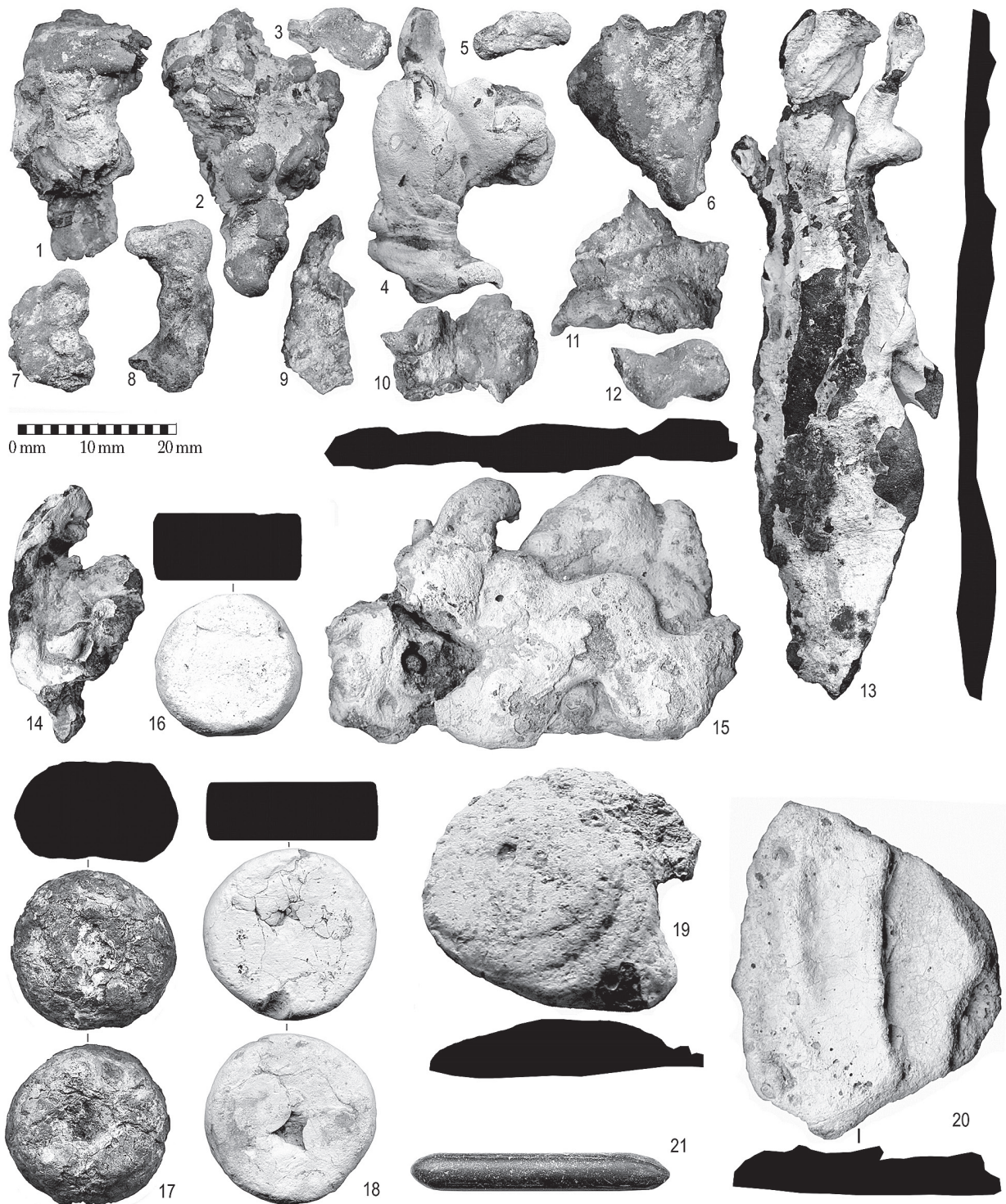


*Abb. 12* Öfenüberreste, wahrscheinlich die Vorrichtungen zum Röstvorgang (sog. Stadel).



## Metallurgische Betriebe und paläometallurgische Funde

Auf beiden Bachufern wurden Überreste metallurgischer Werkstätten entdeckt. Die erste Gruppe besteht aus Überresten von Öfen der Größe um  $2 \times 1$  m, mit Steinuntermauern und Wandschutt. In der Nähe oder besser am Rand der Erzwäsche befand sich eine Gruppe von mindestens vier Öfen bzw. Schmelzöfen (*Abb. 12*). Eine weitere Gruppe bilden einfache Feuerstellen oder Gruben-



*Abb. 13* Paläometallurgische Funde. 1–13: Bleiausguße (Probierschmelzen, Treibprozess oder die Bleiarbeit?); 16–18: Bleibewichte; 19–20: Bleiausguße aus der Tiegel; 21: Prüfstein.

öfen, bzw. Herde. Eine andere besondere Kategorie paläometallurgischer Funde sind Bleiausgüsse verschiedener Größe und Formen (*Abb. 13.1–15*). Diese können auch bei mehreren Verfahren entstanden sein, wie der sogenannten Bleiarbeit (das Verbleien), d. h. einer Oxidationsprozedur, die aber nur mit silberreichen Erzen verwendet worden sein kann. In den Schmelztiegeln wurde Blei geschmolzen, in dem das vorgeröstete Silbererz gelöst und somit von unerwünschten Stoffen befreit wurde. Die entstandene Silber-Blei-Legierung wurde dann mit der Oxidationsmethode gelöst (Treibprozess).

Manche der Öfen befanden sich in unmittelbarer Nähe der Wäsche. Bei ihnen könnte es sich auch in Anbetracht der Konstruktionen um Stadel handeln, auf denen durch den Röstvorgang das Erzkonzentrat verarbeitet wurde. Im Bachbett, ca. 100 m südlich der Erzwäsche, liegt in Form eines klassischen Schlackenplatzes eine mehr als ausreichende Menge von Hüttenschlacken vor, so dass die Verhüttung der Blei- und Silbererze in der unmittelbaren Nachbarschaft der erwähnten Aufbereitungsareale betrieben worden sein muss. Bemerkenswert ist ein Bleigewicht aus der Umgebung der Grubenhäuser. Ähnliche wurden auch am Iglauer Altenberg-Staré Hory gefunden und eher als mit dem Handel hängen sie wohl mit der Anwesenheit von Probiermeistern zusammen, zu deren Grundausrüstung Waagen und eine Garnitur von Gewichten gehörten. Einzig aufgrund der Berechnung von Masse und Dichte in Kombination mit anderen Indikatoren konnte der Prüfer den Metallanteil im Erz oder in der Legierung ermitteln.

### **Eine Siedlung mit Holzlehbauten und durch Graben befestigtes Areal**

Den Südostteil des Fundorts nahm ein Graben ein, der eine Fläche von nur einigen wenigen Dutzend Quadratmetern abgrenzte und Überrest einer Kleinburg ist. Hier befand sich auch ein kleineres Siedlungsareal, das durch Überreste von vier Grubenbauten repräsentiert wird (*Abb. 10* unten). Diese Siedlung ist nach Analyse der Stratigraphie ein wenig älter als der Graben selbst, auch wenn diese beiden Strukturen aus dem 13. Jh. stammen. Bei einem der Gebäude dürfte es sich um kein sog. Grubenhaus gehandelt haben, sondern um ein 60–70 cm eingetieftes Gebäude. Im Inneren wurde ein Steinofen mit rechteckigem Grundriss entdeckt. Das dritte Objekt dieser Art zeigt eine stufenförmige Eingangsrampe. Im letzten Hausüberrest fand sich im Inneren wiederum eine Ofenkonstruktion. Der Graben wird von einem Steinsockel am Südumfang des Grabens ergänzt. Es könnte sich um ein technologisches Plateau handeln oder um eine Behausung, Werkstätten oder Schmieden. Die Funde (*Abb. 14*) zeugen von der Existenz der Betriebe und der Siedlung in der zweiten Hälfte des 13. Jh., dem auch die in der Erzwäsche gewonnenen Dendrodaten 1267/1268 entsprechen.

## **6. Einige Erkenntnisse und Streitpunkte beim Erzabbau auf der Böhmischo-Mährischen Höhe im 13. Jahrhundert**

### **Anhaltende und wiederaufflammende Diskussion: Silber oder Blei?**

Die mittelalterliche Silberproduktion gründete sich auf dem Abbau und der Verhüttung polymetallischer sulphidischer Erze. Am meisten eingebürgert ist die Auffassung, dass Silber durch die Verhüttung einer Unmenge an silberarmen Bleierzen, d. h. Galenit gewonnen wurde, in welchem es in Mengen von nur einigen wenigen Prozent vorhanden war. Dabei entstand Blei als Nebenprodukt. Andererseits wird die Auffassung vertreten, dass dort, wo Bleierze abgebaut wurden, Hauptprodukt Blei war, wobei es im Bau- und vor allem im Hüttenwesen Verwendung fand. In den Bleibergwerken und Hüttenbetrieben wäre somit Silber auch extrahiert worden, seine Menge konnte die mit seiner Produktion verbundenen Kosten aber nicht gedeckt haben. Sollte also Hauptprodukt eines Bergwerks Silber gewesen sein, dann war es notwendig, auch die silberreichen Erze (Tetraedrit, Akanthit, Proustit, Pyrrargyrit, Freibergit mit einem Ag-Gehalt auch über 18 %) abzubauen. In den meisten Erzlagertstätten der Böhmischo-Mährischen Höhe



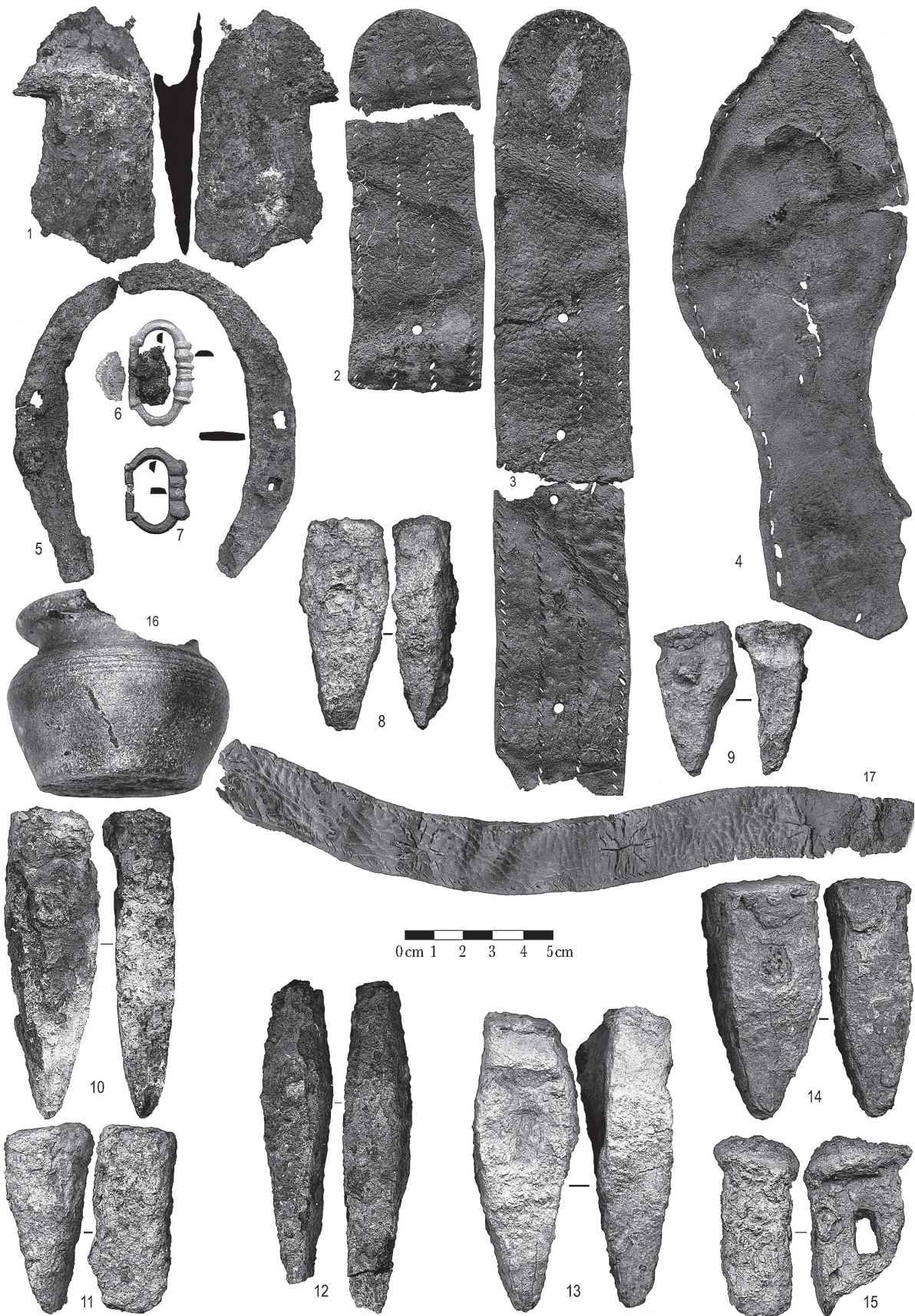


Abb. 14 Cvilíněk – Funde. 1: Beile; 2–4, 17: Lederfunde; 5: Hufeisen; 6–7: Gürtelschnallen; 8–15: Bergeisen; 16: Eine Miniature (Töpfchen)



sind aber diese Erze in der Minderheit. Viele sind dabei davon überzeugt, dass in den mittelalterlichen Bergwerken des Böhmisches-Mährischen Berglands das verhüttete Silber aus gemeinen Sulphiden gewonnen wurde (Pyrit, Galenit, Arsenopyrit und Sphalerit) mit Ag-Gehalt in der Größenordnung von Zehnteln oder Hundertsteln Prozent. Sulphide mit ihrem bunten Spektrum wurden nicht ausgeschieden, sondern kamen gleich als ein vermischtes Erzkonzentrat in die Gicht, zu regulieren war lediglich die zum Schmelzen erforderliche Bleimenge, um so viel Silber wie nur möglich aufzunehmen. Für Cvilínek ist z. B. eine große Menge an ungenutztem Pyrit in dem restlichen Haldenmaterial typisch, was den Eindruck erwecken kann, dass Sulphideisen einfach nicht genutzt wurde. Dies kann aber auch nur bedeuten, dass Pyrit bei diesem Erzgang das meist vertretene Sulphid darstellt. Sofern also Sulphide von Eisen, Zink, Arsen und Kupfer bei Erzgängen mit ungenügend Galenit verarbeitet wurden, war es nötig, Blei bzw. Bleiglätte (PbO) in die zugehörigen Hüttenbetriebe zu bringen. Der Bleiverkauf war aber nur dann möglich, wenn in den umliegenden Berg- und Hüttenwerken ein Überschuss an Bleierz oder Blei (bzw. Bleiglätte) vorhanden war, was aber bei den meisten böhmischen Erzlagerstätten nicht der Fall ist.

### Die Montanlandschaft: Wald und Wasserwirtschaft, agrarische und nichtagrarische Welt

Der Erzabbau war ein besonderer Bestandteil einer vielfältigen Kulturlandschaft und das Initiations-element eines breiten Spektrums nachfolgender Aktivitäten. Gruben, Aufbereitungsanlagen, Erzwäsche oder Hüttenbetriebe, wie groß auch immer sie waren, formten aus einer bestimmten Sicht eigenständige Organismen und Strukturen in der Landschaft. In ihr war der Hauptfaktor, der das Leben beeinflusste, der Ertrag aus dem Abbau. Es handelte sich nicht nur um die Preise des verkauften Silbers bzw. Bleis, sondern auch um die Verfügbarkeit lebenswichtiger Rohstoffe wie Bau- und Brennholz oder Holzkohle. Bergbauareale entstanden rasch und wurden auch rasch aufgegeben, wenn einzelne Lagerstätten erschlossen oder verlassen wurden. Bergbau- und Hüttenbetriebe waren bedeutende Verbraucher von Holz, Kohle, Teer und weiteren Rohstoffen. In der Nähe bestanden abhängige Gemeinden, die sich der Produktion dieser Materialien widmeten, ihre Existenz war saisonal oder kurzfristig, sie konnten umgesiedelt werden, waren aber von entscheidender Bedeutung für die Abholzung der Landschaft und die Zusammensetzung der Wälder bereits in den ersten Jahren nach Einsetzen des Holzabbaus (*Málek 1976*). Das ist ansonsten auch die Aussage der Pollenaufnahme des Bodenprofils am Koželužský- und Perlový- oder Březina-Bach. Fichte in den Holzkonstruktionen in Staré Hory und Iglau deutet auf die Einführung eines regulierten Waldmanagements mit schnell wachsenden Nadelbäumen bereits im 13. Jh. hin.

Bachtäler wurden von der nichtagrarischen Bevölkerungskomponente bereits aus Gründen der frühen Goldgewinnung in Form von Goldwäschen aufgesucht. Einen Anstieg der Diversifizierung der Areale brachte allerdings erst das 13. Jh. mit dem Abbau primärer Lagerstätten polymetallischer Erze. Unmittelbar daran gebunden waren Abbauareale, Erzaufbereitungsanlagen und Hüttenbetriebe. Ab dem 13. Jh. wurden diese Betriebe dank dem Betreiben von Pochwerken, Erzmühlen und den Blasebälgen von Öfen durch Wasserräder ausschließlich in Tälern von Wasserläufen angelegt, deren Bedeutung somit wuchs. Besonders im Revier Pelhřimov wurden genauso wie im Harz oder im Schwarzwald Aufbereitungsanlagen und Hütten an den Stellen des Kontakts zwischen Erzgängen und Wasserläufen angelegt. Dort, wo solche Bedingungen nicht gegeben waren, wurden Systeme von Wassergräben gebaut (*Laštovička – Vilímek – Vosáhlo 2001; Bartoš 1998*). Neben Gruben, Aufbereitungsanlagen und Hütten, holz- und teerverarbeitenden Arealen oder Bergbausiedlungen bestand spätestens ab den 20er Jahren des 13. Jh. in der zentralen Böhmisches-Mährischen Höhe auch ein Netz landwirtschaftlicher Siedlungen. Diese zwei Elemente, agrarisch und nichtagrarisch, verliehen der Landschaft im 13. Jh. ein spezifisches Gepräge. Ihre gegenseitige Interaktion – ob nun räumlich, wirtschaftlich, demographisch oder rechtlich – stellt eine Herausforderung an die zukünftige Forschung dar.



## Groß- und Kleinbetriebe im 13. Jahrhundert

Leider haben wir keine Gewissheit über die Besitzverhältnisse der Förderer und der Betreiber der Aufbereitungsanlagen oder Hütten aus dem 13. Jh., die man nur archäologisch im Gelände identifiziert hat. So wissen wir auch nicht, wie viele Bergwerke in der Umgebung der Aufbereitungsbetriebe lagen, aus denen das Roherz geliefert wurde. Mit Ausnahme vielleicht von Altenberg-Staré Hory bei Iglau ahnen wir auch nicht, ob es sich um ganzjährige oder nur saisonale Betriebe handelte. Während bei den meisten Großbergwerken und Hütten im Erzrevier Havlíčkův Brod (Deutschbrod) oder in Staré Hory mit einem regelmäßig laufenden Aufbereitungs- und Schmelzbetrieb zu rechnen ist, konnte der Erlös aus Kleinbetrieben nur einige wenige Kilogramm an Erzkonzentrat wöchentlich betragen haben, dieser wurde dann gesammelt und erst in ausreichenden Mengen geschmolzen. Das tatsächliche Tempo der Silber- bzw. Bleiproduktion, die Anzahl der Schmelzvorgänge pro Saison oder die Frage, wie viel Personal hier gearbeitet und gelebt haben kann, werden wahrscheinlich nicht mehr zu klären sein. Bergbauareale mit Gold- und Erzwäsche, Erzmühlen, Hütten und zugehörigen Siedlungen bilden trotzdem ein einzigartiges Zeugnis der wenig bekannten nichtagrarischen Komponente der historischen Kulturlandschaft. Ihre Häufigkeit hing mit der großen Menge an kleinen Erzstrukturen zusammen, die hier bis Ende des 13. Jh. mit größerem oder kleinerem Erfolg abgebaut wurden. Nach dem Abklingen dieser Blütezeit wurde eine Reihe dieser Orte spurlos aufgegeben, die meisten machten jedoch dank den Möglichkeiten der Landschaft der wohl krasseren Böhmisches-Mährischen Höhe verschiedene Formen einer Transformation durch. Die Spur vom Erzabbau ist jedoch aus dem Bewusstsein der Bevölkerung nach mehr als sieben Jahrhunderten unwiederbringlich verschwunden.

Dieser Text ist im Rahmen des Projektes „Historické využívaní krajiny Českomoravské vrchoviny v pravěku a středověku – Historische Nutzung der Landschaft des Böhmisches-Mährisches Berglandes in der Urzeit und im Mittelalter“ (Nr. DF13P01OVV005) entstanden.

(Eingereicht Dezember 2010)

### Quellen und Literatur

- Alper, G. 2003:* „Johannes Kurhaus“ : Ein mittelalterlicher Blei-/Silberverhüttungsplatz bei Clausthal-Zellerfeld im Oberharz, Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens, Band 32. Rahden/Westfalen.
- Alt, K. W. 1999:* Bleiakкумуляtion in Knochen und Zähnen mittelalterlicher Bestattungen aus einer Bergbauregion bei Sulzburg, Kr. Breisgau – Hochschwarzwald, Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie 5, 27–40.
- Alt, K. W. 2003:* Krankheit und Tod in Sulzburg. Eine Bergbaubevölkerung im Spiegel der Paläoanthropologie, in: Steuer, H., Montanarchäologie im Südschwarzwald : Ergebnisse aus 15 Jahren interdisziplinärer Forschung, Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters 31, 203–205.
- Alt, K. W. – Brenn, R. – Samlenski, R. 2003:* Archäometrische Untersuchungen am Knochen- und Zahnmaterial der Skelette vom Sulzburger Gräberfeld, in: Steuer, H., Montanarchäologie im Südschwarzwald : Ergebnisse aus 15 Jahren interdisziplinärer Forschung, Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters 31, 205–208.
- Alt, K. W. – Lohrke, B. 1998:* Ernährung und Gesundheitszustand einer Bergbaubevölkerung des 12. Jh. aus Sulzburg, Kr. Breisgau – Hochschwarzwald, Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie 4, 39–55.
- Bartels, Chr. 1996:* Mittelalterlicher und frühneuzeitlicher Bergbau im Harz und seine Einflüsse auf die Umwelt. Berlin – Heidelberg.
- Bartels, Chr. – Fessner, M. – Klappauf, L. – Linke, F. A. 2007:* Montanregion Harz : Kupfer, Blei und Silber aus dem Goslarer Rammelsberg von den Anfängen bis 1620, Die Entwicklung des Hüttenwesens von den frühmittelalterlichen Schmelzpätzen im Wald bis zur Metallerzeugung in großem Maßstab am Beginn des 17. Jahrhunderts nach den archäologischen und schriftlichen Quellen. Bochum.
- Bartoš, M. 1998:* Vodní náhony a plavební kanály v kutnohorském rudním revíru, in: Stříbrná Jihlava 1998. Jihlava, 21–28.
- Begemann, I. 2003:* Palynologische Untersuchungen zur Geschichte von Umwelt und Besiedlung im südwestlichen Harzvorland (unter Einbeziehung geochemischer Befunde). Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultäten der Georg-August-Universität zu Göttingen. Göttingen.
- Beug, H. J. – Henrion, I. – Schmäser, A. 1999:* Landschaftsgeschichte im Hochharz. Die Entwicklung der Wälder und Moore seit dem Ende der letzten Eisenzeit. Clausthal – Zellerfeld.
- Brockner W. – Griebel, C. – Koerfer, S. 1995:* Archäometrische

- Untersuchungen von Erz- und Schlackenfunden der Notgrabung 1981 in Goslar im Bereich des ehemaligen Brüdernklosters, Nachrichten aus Niedersachsens Urgechichte 64, 141–147.
- Cach, F. 1974:* Nejstarší české mince III. České a moravské mince doby brakteátové. Praha.
- CDB V/1: Šebánek, J. – Dušková, S. (eds.) 1974,* Codex diplomaticus et epistolaris regni Bohemiae, V/1. Praha.
- Dahm, C. – Lobbedey, U. – Weisgerber, G. 1998:* Der Altenberg. Bergwerk und Siedlung aus dem 13. Jahrhundert im Siegerland. Bonn.
- Foelmer, A. – Hoppe, A. – Dehn, B. 1997:* Anthropogene Schwermetallanreicherungen in holozänen Auensedimenten der Möhlin (südlicher Oberrheingebiet), Geowissenschaften 15.2, 61–66.
- FRB II: Emler, J. (ed.) 1872,* Fontes rerum bohemicarum II. Cosmae Chronicon Boemorum cum Continuatoribus. Prag.
- Frenzel, B. 2003:* Zeitliche Veränderungen der Aërosoldeposition auf den Höhen des Nordschwarzwaldes als Hinweis auf die frühe Erzverhüttung, in: Lorenz, S. – Schmauder, A. (Hrsg.), Neubulach : Eine Stadt im Silberglanz, 147–160. Filderstadt.
- Frenzel, B. – Kepmter, H. 2004:* Frühe Umweltverschmutzungen: Die Schwermetallablagerungen in Schwarzwälder Hochmooren, in: Markl, G. – Sönke, L. (Hrsg.), Silber, Kupfer, Kobalt: Bergbau im Schwarzwald, S. 99–130. Filderstadt.
- Gechter, M. 2003:* Das Bleibergwerk Silberkaule, Gemeinde Engelskirchen, Rheinisch-Bergischen Kreis. In: Töllner, T. – Körlin, G. – Steffens, G. – Cierny, J. 2003 (Eds./Hrsg.): Man and Mining – Mensch und Bergbau. Studies in honour of Gerd Weisgerber on occasion of his 65th birthday. Der Anschnitt – Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau, Beiheft 16. Bochum, 155–161.
- Goldenberg, G. – Steuer, H. 2004:* Mittelalterlicher Silberbergbau im Südschwarzwald, in: Markl, G. – Sönke, L. (Hrsg.), Silber, Kupfer, Kobalt: Bergbau im Schwarzwald, 45–80. Filderstadt.
- Haasis-Berner, A. 2003:* Bergbautechnik im Schwarzwald, in: Steuer, H., Montanarchäologie im Südschwarzwald : Ergebnisse aus 15 Jahren interdisziplinärer Forschung, Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters 31, 175–219.
- Hägerrmann, D. 1984:* Deutsches Königtum und Bergregal im Spiegel der Urkunden, Montanwirtschaft Mitteleuropas vom 12. bis 17. Jahrhundert. Der Anschnitt. Zeitschrift für Kunst und Kultur im Bergbau. Beiheft 2. Bochum, 13–23.
- Havrda, J. – Žavřel, P. 2008:* Pozůstatky raně středověkého metalurgického pracoviště v areálu Klementina na Starém Městě Pražském – Remains of the early medieval metallurgical workshop in the area of Clementinum in the Old Town of Prague, Archaeologica Pragensia 19, 333–357.
- Hildebrandt, L. H. 1993:* Zum mittelalterlichen Blei-Zink-Silber-Bergbau südlich von Heidelberg, in: Steuer, H. – Zimmermann, U. (Hrsg.): Montanarchäologie in Europa : Berichte zum internationalen Kolloquium „Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa“ in Freiburg in Breisgau vom 4. bis 7. Oktober 1990, 255–265. Sigmaringen.
- Hillebrecht, M.-L. 1992:* Holzkohle als Quelle zur Wald- und Energiegeschichte, Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 4, 158–160.
- Hemker, Chr. – Hoffmann, Y. 2009:* Ein Hochmittelalterliches Bergbaurevier in Dippoldiswalde, Ausgrabungen in Sachsen 1, Beiheft 20, 104–109.
- Hoffmann, F. 1979:* Mincmistři Přemysla Otakara II., Folia historica bohemica 1, 253–261.
- Hoffmann, F. 1980:* Mincmistr Eberhard – Der Münzmeister Eberhard, Pražský sborník historický 12, 70–83.
- Holub, M. 2007:* Poznámky k existenci větřáním obohacených zón stříbronosných rud v Brodské a Jihlavském rudním revíru – Zur Verwitterung reicher silberhaltiger Erzazonen im Revier Havlíčkův Brod (Deutschbrod) und Jihlava (Iglau), in: Stříbrná Jihlava 2007 – Silberne Stadt Jihlava 2007. Jihlava, 206–215.
- Hrubý, P. et al. 2006:* Středověká hornická aglomerace na Starých Horách u Jihlavy – Das mittelalterliche Bergbauzentrum in Staré Hory (Altenberg) bei Jihlava (Iglau), Památky archeologické 97, 171–264.
- Hrubý, P. – Hejhal, P. – Malý, K. 2007:* Montanarchäologische Forschungen in Jihlava-Staré Hory (Iglau-Altenberg, Tschechien), Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters 35, 17–60.
- Ježek, B. – Hummel, J. 2001:* Jiřího Agricoly Dvanáct knih o hornictví a hutnictví. Praha.
- Kempter, H. – Frenzel, B. 2000:* The impact of early mining and smelting on the local trophospheric aerosol detected in ombrotrophic peat bogs in the Harz, Germany, Water, Air and Soil Pollution 121, 93–108.
- Klappauf, L. – Linke, F.-A. – Brockner, W. 1990:* Interdisziplinäre Untersuchungen zur Montanarchäologie im westlichen Harz, Zeitschrift für Archäologie 27, 207–247.
- Koutek, J. 1960:* Rudní ložiska v okolí České Bělé na Českomoravské vysočině, Časopis Národního muzea, odd. přírodovědné 129, 135–144.
- Labuda, J. 2005:* Staré Mesto (Glanzenberg) v Banskej Štiavnici a montánna archeológia na Slovensku – Alte Stadt (Glanzenberg) in Banská Štiavnica (Schemnitz) nach 25 Jahre der archäologischen Untersuchung, in: Labuda, J. (ed): Montánna archeológia na Slovensku (25 rokov výskumu lokality Glanzenberg v Banskej Štiavnici), 95–102. Banská Štiavnica.
- Laštovička, Z. – Vilímek, L. – Vosáhlo, J. 2001:* Rekonstrukce průběhu rantířovsko-starohorského vodního náhonu (Technická památka středověkého dolování stříbrných rud u Jihlavy z přelomu 13. a 14. Století), in: Stříbrná Jihlava 2001. Jihlava, 37–55.
- Lohrke, B. 2003:* Alter, Geschlecht und Körpergröße um 1200. Paläodemographische Daten vom Friedhof Sulzburg „Geißmättle“, In: H. Steuer: Montanarchäologie im Südschwarzwald. Ergebnisse aus 15 Jahren

- interdisziplinärer Forschung, *Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters* 31, 201–203.
- Ludemann, T. 1994:* Die Holzkohle in montanarchäologischen Grabungen im Revier Sulzburg, Kreis Breisgau – Hochschwarzwald, *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg*, 341–349.
- Malý, K. 2001:* Současný stav lokalit starého dolování v okolí České Bělé (okr. Havlíčkův Brod), in: *Stříbrná Jihlava 2001*, Jihlava, 61–65.
- Malý, K. – Rous, P. 2004:* Průzkum terénních stop po zpracování polymetalických rud na Havlíčkobrodsku – Untersuchung der Geländespuren von der Verarbeitung polymetalischer Erze in der Umgebung von Havlíčkův (Deutsch-) Brod, in: *Nováček, K. (Hrsg.), Těžba a zpracování drahých kovů: sídelní a technologické aspekty, Mediaevalia archaeologica* 6, 121–144. Praha – Brno – Plzeň.
- Malý, K. – Vilímek, L. – Vokáč, M. – Žimola, D. 2007:* Doklady hornického osídlení v údolní nivě Bělokamenského potoka – Mining Settlement Evidence in the Alluvial Plain of the Bělokamenský Creek, *Archeologické výzkumy va Vysočině 1/2007*, 125–144.
- Málek, J. 1976:* Vliv hornictví na lesy na příkladu Jihlavska a Pelhřimovska, *Dějiny přírodních věd a techniky* 9, 145–159.
- Mařík, J. 2009:* Libická sídelní aglomerace a její zázemí v raném středověku – Early Mediaeval Agglomeration of Libice and its Hinterland. In: *Jan Klápště – Zdeněk Měřínský (ed.): Dissertationes archaeologicae Brunenses Pragensis* 7. Praha.
- Markl, G. – Sönke, L. 2004 (Hrsg.):* Silber, Kupfer, Kobalt: Bergbau im Schwarzwald. Filderstadt.
- MGH SS XVII:* Jaffé, P. (ed.) 1861, *Chronicon Colmariense* a. 1218–1304, in: *Monumenta Germaniae Historica: Scriptorum XVII*, 240–270. Hannover.
- Pluska, O. – Vosáhlo, J. 1998:* Jihlavský rudní obvod, *Vlastivědný sborník Vysočiny* 13, 157–191.
- RBM II:* Emler, J. (ed.) 1882, *Regesta diplomatica nec non epistolaria Bohemiae et Moraviae: Pars II Annorum 1253–1310*. Praha.
- Selmi-Wallisová, M. 2005:* Výzkum v ulici Na Slupi, *Výroční zpráva 2005, Národní památkový ústav územní odborné pracoviště v hlavním městě Praze*, 72–76.
- Schwabenicky, W. 2009:* Der mittelalterliche Silberbergbau im Erzgebirgsvorland und im westlichen Erzgebirge. Chemnitz.
- Straßburger, M. 2007:* Mindestanforderungen an eine montanarchäologische Dokumentation im Rahmen von Erkundung, Sicherung und Verwahrung im Altbergbau, in: *7. Altbergbau – Kolloquium Freiberg*, 166–178. Essen.
- Straßburger, M. – Tegel, W. 2005:* Dendrochronologische Untersuchungen von Ausbauhölzern aus dem Bergwerk Schauinsland, *Stadt Freiburg, Archäologische Ausgrabungen in Baden Württemberg 2005*, 240–243.
- Vaněk, V. – Velebil, D. 2007:* Staré hutnictví stříbra – Altes Silberhüttenwesen, in: *Stříbrná Jihlava 2007 – Silberne Stadt Jihlava 2007*, 188–205.
- Vitouš, P. 1974:* Lazar Ercker, *Knihy o prubířství*. Praha.
- Vosáhlo, J. 1998:* Metody vyhledávání průzkumu stříbrorudných ložisek v rozmezí 13. až 18. století (se zřetelem k jihlavskému rudnímu revíru), in: *Stříbrná Jihlava 1998*, Jihlava, 29–44.
- Vosáhlo, J. 2009:* Hornictví mezi počátkem 16. století a dvacátými léty 17. Století, in: *Pisková, R. et al., Jihlava*, 286–303. Praha.
- Wagner, H. 2008:* Auf der Spur des Silbers – 750 Jahre Prinzbach, Gerolgsacker Land, *Jahrbuch einer Landschaft* 50, „Gold, Silber, Edelstein“, 45–72.
- Zimmermann, U. 1993:* Untersuchungen zum frühen Bergbau im Südschwarzwald, in: *Steuer, H. – Zimmermann, U. (Hrsg.): Montanarchäologie in Europa: Berichte zum internationalen Kolloquium „Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa“ in Freiburg in Breisgau vom 4. bis 7. Oktober 1990*, 201–229. Sigmaringen.