

Thomas Stöllner

Das slowakische Erzgebirge als urgeschichtliche Montanregion

Ältere Perspektiven und Annahmen aus der Forschungsgeschichte

Die Kupferversorgung der kupfer- und bronzezeitlichen Gesellschaften in Alteuropa ist seit beinahe 100 Jahren ein zentrales Forschungsthema der prähistorischen Archäologie. Als P. Reinecke seinen für die mitteleuropäische Forschung wegweisenden Artikel zur Bedeutung der ostalpinen Kupferproduktion in der Bronzezeit Mitteleuropas verfasste (Reinecke, 1930), hat er schon damals auf die lange Dauer der bronzezeitlichen bis früheisenzeitlichen Metallversorgungssysteme hingewiesen, zugleich aber auch auf die Steigerung der Kupferproduktion in den jüngeren Phasen (seiner Frühhallstattzeit, heute als Urnenfelderzeit bezeichnet) betont. Reineckes Wurf ist umso bemerkenswerter, als er schon damals auf die große Bedeutung der Alpen auch für die Versorgung Südkandinavians hinwies, aber eben auch andere Lagerstättenräume nicht außer Acht ließ, so etwa diejenigen der Südkarpaten und Nordungarns (heute das slowakische Erzgebirge). So betont er, „*Ob außer den genannten alpinen Bergwerken noch andere Kupferlagerstätten entsprechender Breitengrade, z. B. in den Südkarpathen oder im nordungarischen Bergwerksgebiet, um jene Zeiten des frühen Bronzealters ... bereits ausgebeutet wurden und zu ihrem engeren Bereich auch Mitteleuropa noch mit Kupfer versehen konnten, bleibt bis auf weiteres unklar*“ (Reinecke, 1930, S. 110), um schließlich zu folgern: „*Neben den Ostalpen lieferten' mindestens gegen Ende der Bronzezeit auch andere Bergwerkreviere gleicher Breitengrade Rohmaterial nach dem Norden, vor allem Ungarn, wo neben den großen Kupferlagerstätten auf nordungarischem Gebiet wohl auch kleinere Kupfererzvorkommen ausgebeutet worden sind*“ (Reinecke, 1930, S. 113). Unbeabsichtigt hat P. Reinecke damit ein gewisses Spannungsfeld skizziert, das sich bis heute in der archäologischen Debatte fortsetzt, nämlich die Frage, in wieweit und zu welcher Zeit verschiedene Lagerstättenregionen in die Kupferversorgungsnetzwerke Zentral-, Mittelost- und Nordeuropas eingespeist und wie sich diese Netzwerke auf Besiedlungsvorgänge und soziale Entwicklungen der beteiligten Gesellschaften ausgewirkt haben. Schon P. Reinecke hat auf die Bedeutung von

chemischen Analysen für die Aufklärung dieser Fragen hingewiesen („*Was wir zur genaueren Klärung solcher Fragen, wie der hier behandelten, vor allem als unerläßliche Unterlage brauchen, sind größere Reihen von Analysen mit Bedacht ausgewählter Bronzen wie einer genügenden Anzahl von Erzproben aus den vielen Kupferbergwerken. Die Analysen müssen neben dem Kupfer- und Zinngehalt der Bronzen natürlich in erster Linie die geringen Mengen anderer als unabsichtliche Verunreinigung gelten - den Bestandteile des Kupfererzes berücksichtigen*“, Reinecke, 1930, S. 113).

Solche setzten dann mit den Untersuchungen H. Otto und W. Wittner (1952) schon kurz danach ein und auch in Wien konnte sich nach dem 2. Weltkrieg eine auf die Atomemissionspektrometrie („Spektralanalyse“) ausgerichtete Forschungsrichtung (Pittioni, 1957) etablieren, die nun erstmals Daten für eine Diskussion von Kupferzusammensetzungen lieferten. Von besonderer Bedeutung war das vom Württembergischen Landesmuseum betriebene Projekt „Studien zu den Anfängen der Metallurgie“ (SAM), das mit über 25.000 Datensätzen den bis heute größten geschlossenen Datensatz prähistorischer Metalle vor allem für die Zeiträume vor etwa 1500 v. u. Z. darstellt (Junghans, et al., 1960; 1968a, b, c.; 1974). So konnten grundsätzlich erstmals Fahlerzkupferzusammensetzungen (Fahlerzmetall mit/ohne Nickel; Ostkupfer) und das eher chemisch diskretere ostalpine Kupfer definiert werden (siehe dazu auch zusammenfassend Krause, 2003). Vor allem R. Pittioni und H. Neuninger nahmen an, dass es sich bei dem sog. Ostkupfer vor allem um Kupfer handelte, das im slowakischen Erzgebirge (des alten „Oberungarns“) gewonnen worden wäre (Pittioni, 1957). Vor allem aufgrund zahlreicher Analyseserien an europäischen Bronzeobjekten wurde auf die Mittelslowakei als mögliche Rohstoffquelle verwiesen (Novotná, 1955; Pittioni, 1957; Junghans, et al., 1968).

In diesem Zusammenhang arbeitete M. Novotná drei Kupferrohstoffgruppen heraus: gediegen Kupfer, die unlegierte Kupfersorte und Kupferlegierung mit Arsen. Sowohl die Analysen, als auch früheste Nachweise der in der Slowakei aufgefundenen Kupfergegenstände erhärteten den Verdacht auf eine regionale Ausbeutung der Kupfererzvorkommen (Novotná, 1955, S. 87). Diese Arbeiten führten zu

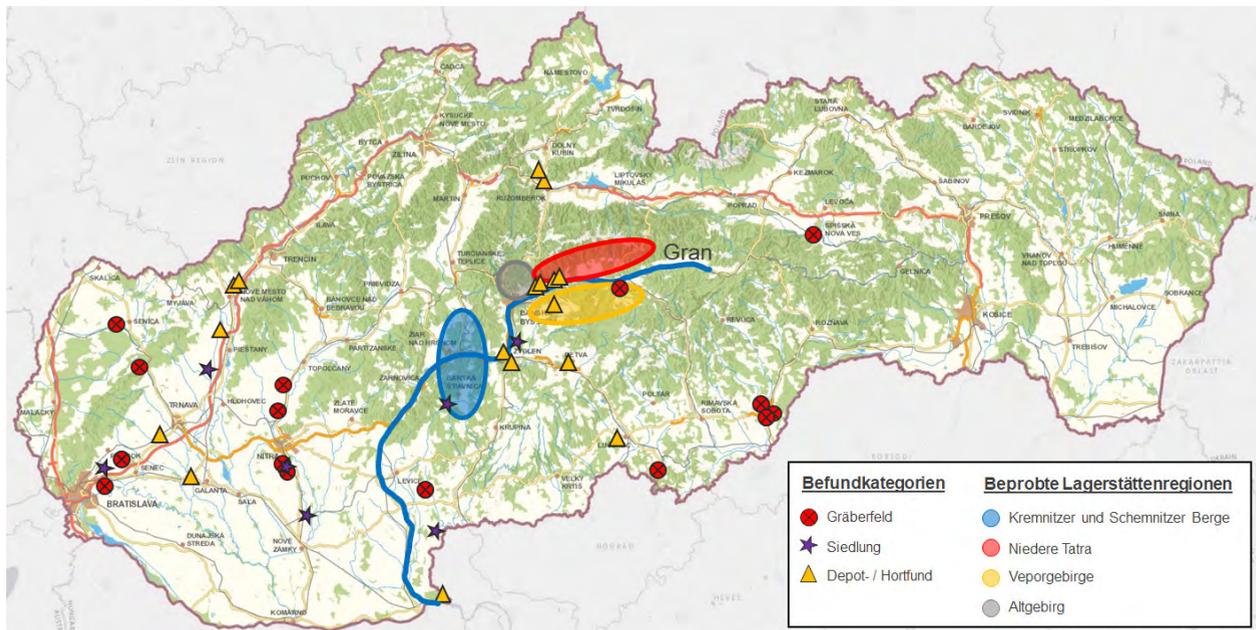


Abb. 1: Die Lagerstätten des mittleren Grantales sowie durch Metallverprobung erfassten Fundstellen im Slowakei-Projekt (Grafik: Deutsches Bergbau-Museum Bochum/D. Demant).

ersten hypothetischen Überlegungen über eine regionale Kupfergewinnung schon im Chalkolithikum (Novotná, 1955, S. 71-75; Žebrák, 1995; zur Forschungsgeschichte siehe Beitrag J. Garner, in diesem Band).

Die archäometallurgische Diskussion zur Rolle des slowakischen Erzgebirges hält bis heute an (Schreiner, 2007; Schreiner, et al., 2012; Pernicka, 2013; 2017; Pernicka, et al., 2016a; Nørgaard, et al., 2019; Ling, et al., 2014; 2019; Melheim, et al., 2018) und prägt nach wie vor die Richtung von Feldforschungen und Analyseprogrammen. Standen vor wenigen Jahrzehnten noch vor allem Kupfersorten im Zentrum der Debatte auch zu Metallverteilungsnetzwerken, so hat sich mittlerweile ein polyvalenteres Bild in der Debatte durchgesetzt: Nicht nur, dass mit der Pb-Isotopie seit den 1970er Jahren eine weitere wichtige Methode der Provenienzdiskussion für alte Metalle in das analytische Methodenspektrum kam, auch die Aussagekraft der verschiedenen analytischen Verfahren wurde verbessert, z.B. durch verbesserte Nachweisgrenzen für Spurenelemente in den chemischen Verfahren. Die alte „Spektralanalyse“ wurde durch die Optische Emissionsspektrometrie sowie die Neutronenaktivierungsanalyse, seit etwa 15 Jahren auch durch die Massenspektrometrie (SC-ICP-MS) abgelöst. Und es wurden die statistischen Verfahren, die zunächst auf 5 Spurenelemente (Ni, As, Sb, Co und Ag) beschränkt waren, nun erweitert und mit multivariater Statistik ausgewertet (heute z.B. erweitert mit den Elementen Se, Bi). Dies hat vor allem in der mitteleuropäischen Forschung zu einem erweiterten Verständnis der Nutzung der Metallerzlagerstätten des slowakischen Erzgebirges geführt (Pleiner und Bialeková, 1982; Furmánek, 2005; Schalk, 1998; Schreiner, 2007; Schreiner, et al., 2012; Modarressi-Tehrani, et al., 2016;

Pernicka, et al., 2016a). Dabei spielt die Abgrenzung von den ostalpinen Lagerstätten, aber auch den südalpinen, mittlerweile auch weiteren mediterranen Lagerstätten eine wichtige Rolle.

Grundsätzlich lässt sich formulieren, dass eine bevorzugte Fokussierung auf die Ergebnisse moderner bleisotopischer Untersuchungen problematisch ist, denn das Alter der Lagerstätten wie auch ihre bleisotopische Charakterisierung können sich durchaus überlappen, umso mehr diese Lagerstätten in jenen Teilen, die urgeschichtlich genutzt wurden, häufig im Probenbestand nicht ausreichend charakterisiert sind (siehe hier die methodischen Bemerkungen von Stöllner, 2019a; zu den Stärken und methodischen Problemen kürzlich: Hauptmann, 2020, bes. S. 480-488). Deshalb werden die Diskussionen häufig unter Ignorierung weiterer notwendiger Faktoren in der Provenienzdiskussion und der mit dem Metallkreis verbundenen urgeschichtlichen Praxis geführt. So muss festgehalten werden, dass es nicht nur einer geochemisch ausreichenden Definition anhand der isotopischen und mineralogischen Charakterisierung der Lagerstätten und Metalle (mit Hilfe auch einer Spurenelementanalytik und einer isotopischen Charakterisierung) bedarf. Es werden weitere Argumente benötigt, die die zeitlich übereinstimmende Nutzung von Metallproduktion und -konsumption sowie der Frage des Metallaustausches und der Praxis des Metallrecyclings berücksichtigen müssen.

Die von Nørgaard, et al. (2019) für die beginnende nordische Bronzezeit in Südsandinavien vorgelegte Diskussion kann hierfür exemplarisch herangezogen werden: Hier zeigt sich, dass im Metallbestand wenige direkte Metallieferungen nachgewiesen werden können und besonders Metall (vornehmlich Beile z. B. der Britischen

Inseln) recycelt wurde. Das südschandinavisches Metall zeigt vor allem Mischungslinien verschiedener Herkunftsgebiete. Zwar ändern sich diese im Laufe der Zeit und es werden andere Metallströme (speziell an direkt importierten fremden Objekten) erkennbar, dennoch ist offensichtlich, dass eine Pb-isotopische Charakterisierung der meisten Metallobjekte ohne Aufklärung der isotopischen und chemischen Mischungslinien nicht direkt auf Lagerstätten zurückgeführt werden kann (Nørgaard, et al., 2019).

Im südlichen Mitteleuropa ist dies seit der fortgeschrittenen Frühbronzezeit (ab einem späteren Bz A1/2) anders, weil hier in bestimmten Räumen Metalllieferungen über Barrenformen erkennbar werden und somit eher die primären Lagerstätten spiegeln (Lerner de Wilde, 1995; Radivojevic, et al., 2018). Das hat zuletzt der große Depotfund von Oberding mit mehr als 80 kg Kupfer eindrücklich zeigen können (Pernicka, 2017). Neben ostalpinen Produktionsgebieten wie dem Unterinntal und dem Mitterberg-Gebiet, beide in einer späten Frühbronzezeit in Abbau, steht auch die Herkunft einiger As-, Ni- und Ag-reicher Metalle aus dem mittleren slowakischen Erzgebirge in Diskussion (Pernicka, 2017). Die geochemische Überschneidung zwischen ostalpinen und slowakischen Lagerstätten war letztlich schon von der Wiener Analysengruppe um R. Pittioni und H. Neuninger (Pittioni, 1957) diskutiert. Heute kann sie aber dank deutlich verbesserter analytischer Verfahren mit verlässlicheren Aussagen geführt werden (z.B. Schreiner, 2007; Pernicka, et al., 2016a). Dennoch gibt es Überschneidungsbereiche, die allein mit geochemischen Methoden nicht gelöst werden können.

Für die nordostalpinen Lagerstätten ist es etwa gelungen, die zunehmende Mischung von Kupfersorten aus den verschiedenen Kupferkies- und Fahlerzrevieren vor allem für die Spätbronzezeit zu erkennen (schon Sperber, 2004; neuerdings: Stöllner, et al., 2016; Lutz, et al., 2019; Grutsch, et al., 2019; Möslein und Pernicka, 2019). Dabei spielte offensichtlich primäres Schwarzkupfer in Form von Gusskuchen eine wichtige Rolle, was die intentionelle Legierung von verschiedenen Kupferkiessorten mit Fahlerzkupfer anbetrifft. Schon L. Sperber sprach von einem „Kupferverbund“ (Sperber, 2004). Erkennbar wurden diese Strukturen vor allem durch die Untersuchung regionaler Roh-Endprodukte und die Erkenntnis, dass etwa Pb-Isotopen-Verhältnisse in den späteren Phasen maskiert und nicht ohne weiteres zu interpretieren sind (dazu schon: Stöllner, 2003). Dennoch deuten sich hier methodische Auswege an, etwa durch die Anteils kalkulation von Fahlerzkupfer durch eine Normierung auf die Ag-Gehalte in den Mischkupfersorten (die ja in Kupferkiesen nicht vorkommen) (Grutsch, et al., 2019).

Im slowakischen Erzgebirge ist diese Diskussion erst am Beginn: In Analogie zu den Verhältnissen in den Ostalpen aber auch in Anbetracht der heute für Mitteleuropa zur Verfügung stehenden Daten wird man solche Kupferverbünde, die sich aufgrund höheren Kupferverbrauchs einstellen konnten, eher für die späte Bronzezeit und die frühe Eisenzeit erwarten können. Insofern wurde von unserem Projekt in Fortsetzungen der Arbeiten von

M. Schreiner (2007) auch das bronzezeitliche und früheisenzeitliche Metall im regionalen Umfeld untersucht (Demant, in Vorbereitung) (Abb. 1). Während in der Kupferzeit und auch noch in der Frühbronzezeit der Fundort Špania Dolina (Lagerstätten im Altgebirg) eine größere Rolle spielen dürften, stellt sich mit der Mittel- und Spätbronzezeit eine Änderung in den Pb-isotopischen und chemischen Daten ein. Womöglich zeigt sich auch hier eine Bevorzugung regionaler Kupferkieslagerstätten (z.B. in der Niederen Tatra und dem Veporgebirge): Vor allem der klassischen Urnenfelderzeit und der entstehenden Lausitzer Kultur in den nördlichen Landesteilen der Slowakei sind nun zahlreiche Metallfunde zuzuweisen, die auf eine erneute Nutzung der mittelslowakischen Lagerstätten (oberes Grantal) hindeuten.

Schließlich muss noch auf einen bemerkenswerten Umstand in den ost- und südalpinen Kupfererzrevieren hingewiesen werden: Mit Einführung des Schachtofenprozesses für das Verschmelzen der schwefel- und eisenreichen Kupferkiese hat sich hier ein offensichtlicher kapazitätsorientierter Produktionsprozess eingestellt, der in der jüngeren Forschung auch gerne als „Mitterberg-Prozess“, nach seinen bis dato ältesten Nachweisen, bezeichnet wurde (Abb. 2). Die aktuell an zahlreichen Orten durchgeführten Forschungen zeigen, dass dieser Prozess mit weiteren Prozessschritten einherging, die grundsätzlich die Zulieferung von ausreichend konzentrierten Erzmitteln an die Schmelzhütten voraussetzte. Trotz mannigfacher Variabilität des Prozesses stellten sich bestimmte Verfahren, vom Bergbau, über die Aufbereitung bis hin zum Verschmelzen von Schwarzkupferprodukten ein, die zeigen, dass ein abgestimmter Produktionsablauf existieren musste, um große Kupfermengen zu erzeugen. Allein am Mitterberg geht die moderne Forschung von ca. 24.000 t Schwarzkupfer aus, die aus dem Gesamtrevier in den mitteleuropäischen Metallkreislauf eingespeist wurden (zur Kalkulation siehe T. Stöllner in: Pernicka, et al., 2016a). Allein nach der Zahl der in den verschiedenen Revieren bekannten Hüttenplätze muss die Gesamtproduktion der Ost- und Südalpen zwischen der späten Frühbronzezeit und der Früheisenzeit beträchtlich gewesen sein. Mit mindestens 100000 t Schwarzkupfer muss gerechnet werden. Allein in der Mittel- und der beginnenden Spätbronzezeit, der Hauptzeit der Mitterberger Kupferproduktion (vom späten 16. zum 13. Jh. v. u.Z.), kann von einer durchschnittlichen Jahresproduktionsmenge von ca. 64 t Schwarzkupfer (ca. 16.000 t auf 250 Jahre) in diesem Revier ausgegangen werden.

Kann mit solchen Verhältnissen auch im mittleren slowakischen Erzgebirge gerechnet werden? Der auffälligste Unterschied besteht im Fehlen der ostalpinen Technologie: Verhüttungsplätze, wie in den Ost- und Südalpen, sind bis dato nicht dokumentiert worden. Unsere Geländeforschungen haben zwar gezeigt, dass mit einer auffällig intensiven Überprägung der Lagerstätten durch den spätmittelalterlichen und neuzeitlichen Bergbau gerechnet werden muss (Garner, et al., 2014; siehe unten am Beispiel Piesky in diesem Band), dennoch kann kaum angenommen

„Mitterberg“ Prozess/ostalpine Technologie-Kette



Bergbau
 Feuer setzen
 Erzgang-Hereingewinnung durch Pickelarbeit
 Verzimmung/Förderung
 Bewetterung/Beleuchtung
 Wasserhaltung



Aufbereitung
 Förderung/Transport
 Pochen
 Scheidung
 Nassscheidung
 Mahlen
 Flotation (?)



Verhüttung
 Rösten
 Schachtofenbeschickung
 Blasebalg-Betrieb
 Schlackenpochen
 Matte-Separierung
 Raffination



Waldbewirtschaftung/Holztransport

Abb. 2: Der Mitterberg-Prozess „sensu strictu“ (Grafik: Deutsches Bergbau-Museum sowie Ruhr-Universität Bochum/T. Stöllner).

werden, dass alle Spuren dieser Technik (Tiefbergbau, Aufbereitungsanlagen, Verhüttungsplätze) vernichtet worden wären. Eher ist anzunehmen, dass die Technik niemals ihren Weg in das slowakische Erzgebirge fand. Anders in der frühen Neuzeit, als sich um Neusohl/Banská Bystrica verschiedene, auch aus anderen großen Revieren bekannte Kupferverhüttungs- und Entsilberungstechnologien, etwa der Saigerhüttenprozess, durch Investoren wie Johann Thurzo seit 1495 etablieren konnten (siehe Slotta, 1997; Lambrecht, 1998; Bartels und Slotta, 2012, S. 254-255, 269, 317, 321, 496-497). Das Fehlen der Schachtofentechnik ist dagegen für die Bronzezeit umso überraschender, als durchaus Belege für Wissenstransfer aus den Ostalpen in das Karpatenbecken und seine Randzonen existieren (Thomas, im Druck) und auch Kupfer aus den Ostalpen in karpatenländischen Depotfunden nachgewiesen ist (Pernicka, et al., 2016b). Dass intensive Bezüge zu den

Ostalpen bestehen, zeigt nicht nur die Verbreitung der Bergbaugeräte, auch Neufunde von Helmen des Typs Pass Lueg in der Ostslowakei sind deutliche Hinweise (Gašaj, 2019). Man kann durch den Fund einer Schleifenkopfnadel, ähnlich der Funde von Nyžna Myšľa und Hernádkak, an den frühbronzezeitlichen Befunden des Brandergangs (Eibner, 2016, S. 444 ff., Abb. 5) auch einen umgekehrten Weg beschreiben.

Dass slowakisches Kupfer auch im fortgeschrittenen 2. Jt. seine Rolle in der Kupferversorgung des Karpatenbeckens spielte, zeigen nicht nur die Ergebnisse von D. Demant an Objekten aus dem Umfeld des slowakischen Erzgebirges (Demant, in Vorbereitung), sondern auch früh- bis mittelbronzezeitliche Artefakte aus dem südlichen und zentralen Rumänien, für die daneben auch siebenbürgische Lagerstätten in Frage kommen (Pernicka, et al., 2016b).

Das slowakische Erzgebirge in der Perspektive der archäometallurgischen Forschung

Man kann die Kupfer- bis früheisenzeitlichen Belege einer Nutzung der Lagerstätten des oberen Hrontales zunächst also archäometallurgisch begründen, ein Ansatz, der aufgrund der komplexen Lagerstättengeschichte des Gebietes aber nicht einfach ist. Das Arbeitsgebiet gehört zur Tatroveporidenzone mit ihren für die Vorgeschichte interessanten Kupfervorkommen im Bereich von Špania Dolina und L'ubietová. Die metallogenetischen Prozesse in diesem Gebiet wurden durch die kaledonische, variszische sowie alpidische Orogenese in Gang gesetzt und durch einen später einsetzenden neogenen Vulkanismus überprägt (siehe allgemein Schreiner, 2007). Während die kaledonische Phase für die Bildung der Kupfervorkommen in der Tatroveporidenzone weniger von Bedeutung ist, erfolgte im Karbon (variszische Orogenese) eine Intrusion intermediärer und saurer Plutonite, durch die mehrere Vererzungstypen gebildet wurden. Dazu zählen hydrothermale Kupfer-Quarzgänge in der Vysoké Tatry, Nízke Tatry, Malá Fatra und Inovec (Abb. 1). Nach einer Phase tektonischer Ruhe setzte im Perm ein intermediärer bis saurer Vulkanismus (finaler variszischer Vulkanismus) ein, der stratiforme vulkanosedimentäre Cu-Vererzungen u. a. in Špania Dolina und L'ubietová zur Folge hatte. Die anschließende alpidische Orogenese überprägte die vorangegangenen Genesen stark, doch betreffen die nun einsetzenden Mineralisationsprozesse die bereits genannten Kupfervorkommen kaum. Im Miozän schließlich ist ein subaerischer Vulkanismus nachgewiesen, im Zuge dessen polymetallische Pb-Zn-Cu-Au-Ag-Gänge in Andesiten gebildet wurden. Hierzu zählen die die Gebiete von Banská Štiavnica, Nová Baňa, Brehy und Rudno (Pouba und Ilavský, 1986, S. 146-156; Schreiner, 2007, S. 7-11).

Ältere Nutzungsphasen hat schon M. Schreiner auf einem älteren Datensatz begründet. Schreiner konnte zeigen, dass die Hinweise auf eine Nutzung regionaler Erze im Verlaufe der Kupferzeit bis an das Ende des 4. Jt. v. u. Z. zunehmen (Schreiner, 2007). Eine solche Diskussion findet sich auch in der älteren Literatur, zunächst vor allem auf Basis von wenigen keramischen Funden aus Špania Dolina, die der Ludanice-Gruppe der Balaton-Lasinja-Kultur zugewiesen wurden (Točík und Žebrák, 1989, S. 72; Žebrák, 1995, S. 14-15) (Abb. 3). Vor allem in der Mittelkupferzeit gegen Ende des 4. Jts. und im früheren 3. Jts. konnte Schreiner einen Wechsel zu stärker antimon- und arsenreichen Kupfersorten herausarbeiten. Diese Naturlegierungen treten zwar vereinzelt schon zuvor in den regionalen Metallfunden vor Augen (Schwergeräte wie Schafthlochhäxte), werden nun aber häufiger. Zudem ist zu betonen, dass auch die Besiedlungsdichte mit voraussichtlichen Dauersiedlungen im Talraum von Zvolen südlich von Banská Bystrica seit der klassischen Badener Kultur deutlich zunimmt (Tóth, 2010, Karte 20). Diese hält sich auch während des 3. Jt. v. u. Z., wenngleich



Piesky 1972, Fund Točík

Abb. 3: Prähistorischer Keramikfund der Untersuchungen von A. Točík aus Špania Dolina (Zeichnung/Foto: Deutsches Bergbaumuseum sowie Ruhr-Universität Bochum/T. Stöllner (Fund im Slowakischen Bergbaumuseum Banská Štiavnica).

nicht in dieser Dichte (siehe auch M. Kvietok in diesem Band, Abb. 3). Dies könnte somit ein Indiz für eine frühe bergbaubauliche Nutzungsphase der Lagerstätten im oberen Grantal sein.

Ein vergleichbares Bild einer vielfältigen Zusammensetzung von Metallen lässt sich auch für das fortgeschrittene 3. Jt. v. u. Z. zeichnen. Es gibt nun auch einige bleiisotopische Daten, die auf eine Nutzung der Lagerstätten von Špania Dolina als auch jener von Banská Štiavnica deuten. Die komplexen Orogenesen und Lagerstättenbildungen des Gebietes machen es aber schwierig, die geochemischen Zuweisungen eindeutig vorzunehmen: Allein das weite bleiisotopische Feld der Lagerstätte von Špania Dolina macht das Problem deutlich (siehe Schreiner, 2007; jetzt auch Demant, in Vorbereitung). Immerhin lassen sich heute die mittelslowakischen Erze mit Hilfe ihrer chemischen Zusammensetzung, vor allem aufgrund ihrer Spurenelemente, besser charakterisieren, und hier haben erste Ergebnisse vor allem die Bedeutung von Fahlerzzusammensetzungen mit höheren Antimon und As-Gehalten gezeigt; auffällig sind auch erhöhte Nickelgehalte (Modarressi-Teherani, et al., 2016, S. 120 [cluster 5 und 6]). Vor allem in der Frühbronzezeit gibt es somit gute Argumente südschandinavisches Kupfer und jenes der Aunjetitzkultur mit hohen und mittleren Ni-Gehalten den Erzlagerstätten des Hron-/Grantales zuzuweisen, selbst wenn für dieses Kupfer europaweit auch andere Lagerstätten in Frage kommen (Rassmann, 2005; 2010; Nørgaard, et al., 2019). Würde man aber nun erwarten, dass mit den zunehmenden archäometallurgischen Belegen einer Lagerstättennutzung sich nun auch die frühbronzezeitlichen Siedlungsnachweise im oberen Hron-/Grantal verdichten würden, so ist dies nicht der Fall. Frühbronzezeitliche Siedlungsstellen fehlen bisher von den südlichen Ausläufern des Zvolener Beckens bis in der obere Grantal. Sollte also von einer z.B. intensiven Bergbautätigkeit in Špania Dolina auszugehen sein (wofür es tatsächlich geochemische Argumente gibt), dann muss man mit deutlich veränderten Akquisitionsformen semipermanenter oder saisonaler Art rechnen. Auch in der ausgehenden Frühbronzezeit und der beginnenden Mittelbronzezeit, einer Zeit, in der

Kupferkiesreiche Kupfersorten an Bedeutung gewinnen, dürften die Lagerstätten der Mittelslowakei noch eine Rolle in der Versorgung sowohl des Karpatenbeckens (siehe Pernicka, et al., 2016b) und Mittelosteuropas sowie Südkanadens gespielt haben (Bunnefeld, 2016a/b; Ling, et al., 2019). Dies dürfte sich auch für die spärlichen Kupferfunde der slowakischen Hügelgräberzeit und der nachfolgenden Zeit der Pilinyer Gruppe der beginnenden Spätbronzezeit andeuten (Demant, in Vorbereitung). Die geringere Überlieferung von Kupfer- und Bronzefunden lässt es zwar unwahrscheinlich erscheinen, dass es zwischen dem 15. und 13. Jh. v. u. Z. zu einer regionalen Blütephase in der Kupferproduktion gekommen ist, doch deuten die Metallzusammensetzungen und das bleisotopische Alter der Lagerstätten nach den Ergebnissen der Dissertation von D. Demant (Demant, in Vorbereitung) an, dass die Verhältnisse dem entsprechen, was in der späteren Lausitzer-Kultur noch üblich war.

Schrittweise verdichten sich vor allem in der Spätbronze- und Früheisenzeit die regionalen Siedlungsnachweise, Metallfunde (in Horten, auf Höhengiedlungen etc.) und Halbzeugfunde (Gusskuchen). Somit ist von einer erneuten Siedlungsverdichtung im Gebiet auszugehen, die vor allem mit der Gründung von Höhengiedlungen Lausitzer Prägung zu verbinden wäre (siehe M. Kvietok, in diesem Band). Viele der Siedlungsplätze und Höhengiedlungen liegen nun im Hinterland des Grantales in den Zonen der Erzlagerstätten des Altgebirges, des Veporgebirges und der Niederen Tatra. Es ist somit kaum von der Hand zu weisen, dass auch die Lagerstättennutzung wieder aufgenommen wurde. Folgen wir den Ergebnissen von D. Demant, muss man annehmen, dass nun eher die Lagerstätten des Veporgebirges (L'ubietova, Poniky) und der Niederen Tatra eine Rolle gespielt haben. Die Nutzung der Lagerstätten um Špania Dolina könnte dagegen in den Hintergrund getreten sein, ist aber nach wie vor nicht auszuschließen.

Die Frage, warum also – trotz der auch in den archäometallurgischen Daten evidenten Rolle der Lagerstätten des oberen Grantales – die Nachweise der Einführung der ostalpinen Technologie nicht vorliegen, kann nicht einfach beantwortet werden. Die Gründe können mannigfach sein und möglicherweise auch in den spezifischen Subsistenzbedingungen des Gebietes gesucht werden. Deutlich wird, dass in der Phase der Entstehung der kapazitätsorientierten Kupferkiestechnologie, nämlich in der fortgeschrittenen Frühbronzezeit, keine Dauersiedlung im Umfeld der slowakischen Lagerstätten etabliert werden konnte. Wenn wir das Modell der Besiedlung des alpinen Salzachtales in Abhängigkeit mit der Auffahrung der Lagerstätten des inneren Salzachtales (Pongau und Pinzgau) in Verbindung bringen (siehe Kienlin und Stöllner, 2009), und eine solche Analogie auch für das obere Grantal anwenden, dann bleibt nur festzuhalten, dass die Subsistenzbedingungen im Verein mit weiteren Erwerbsquellen (z.B. der Ergiebigkeit der Lagerstätten; die monomineralische Ausrichtung der Lagerstätte etc.) offensichtlich nicht ausreichte, eine solche

Technologie auch hier auf Basis einer Dauerbesiedlung zu etablieren.

Die mit dem sog. Mitterberger Prozess (*sensu stricto* und *sensu lato*) (Abb. 2) verbundenen technischen und subsistenzbezogenen Praktiken setzen eine Dauerbesiedlung im Umfeld ja geradezu voraus. Es wird also gerade auch für die Frühbronzezeit weiterhin darauf ankommen, gerade jene Siedlungen im südwestlichen Vorfeld des slowakischen Erzgebirges näher archäometallurgisch zu untersuchen. Dass mit der entwickelten Frühbronzezeit metallurgische Tätigkeiten in den Siedlungen der Südwestslowakei einen großen Aufschwung genommen haben, wird nicht zuletzt an den Befunden aus Siedlungen und in den reichen Metallfunden in Gräberfeldern offenbar. Seit dem Beginn der Frühbronzezeit ist eine deutliche Zunahme von Metallfunden in einschlägigen Komplexen (z.B. Gräberfeld von Jelšovce: Batora und Pernicka, 1995) zu beobachten.

Die bisherigen Überlegungen zur Provenienz der regional verwendeten Kupfersorten deuteten schon bisher auf eine insgesamt regionale Herkunft aus dem slowakischen Erzgebirge. Umso mehr gilt das für Fahlerzkupfersorten, wie sie insgesamt in der westlichen Aunjetitzer Kultur verwendet wurden (siehe oben). Insofern muss regionale Kupferzulieferung nicht nur für die regionale frühestbronzezeitliche Nitra-Kultur gelten (siehe Batora und Pernicka, 1999; Bernard, 2005), sondern auch für die überregionaleren Stufen FBZA1 und A2 der Kulturenkomplexe Aunjetitz und M'adarovce. Vor allem bei dem Kupfer der jungfrühbronzezeitlichen M'adarovce-Kultur ist beinahe standardmäßig eine erhöhte Legierung mit Zinn zu beobachten, etwas, was man wohl ebenfalls mit der Metallendverarbeitung in den Siedlungen zu verbinden hat. Zudem lassen sich abweichende Metallsorten erkennen. Es gibt Argumente, dieses Metall ebenfalls regional zu positionieren (Cluster 5 in Jelšovce). Neue Untersuchungen, die im Rahmen des Bochumer Slowakei-Projektes durchgeführt wurden (Demant, in Vorbereitung), konnten weitere 200 bronzezeitliche Metalle (beginnend mit Gräberfeldern der älter-frühbronzezeitlichen Nitragruppe, Ludanice) modern charakterisieren und die bisherigen Ergebnisse präzisieren.

Es gibt also gute Argumente, die Zentren der Metallverarbeitung in den frühbronzezeitlichen Siedlungen zu suchen. In diesem Zusammenhang ist z.B. die Grabung einer Metallgießerwerkstatt in Radzovce (Furmánek und Vladár, 2002, S. 257) erwähnenswert, die neben einem Ofen, Schlacken, Tiegelreste und Gussformen auch Bronzegusskuchen zu Tage brachte. Begleitet wurde die Ausgrabung von metallurgischen Untersuchungen der Metallabfälle, die ebenfalls auf regionale Rohstoffvorkommen hindeuteten. Bedeutend sind zudem zahlreiche metallurgische Geräte wie sie in befestigten Siedlungen der Mad'arovce-Véteřov-Kultur der Südwestslowakei zu Tage gekommen sind: In Vesele oder in Nitriansky Hradok (Bartik, 1999) konzentrieren sich z.B. Gussformen und Düsen in bestimmten Siedlungsbereichen und könnten Werkstattbereiche andeuten. Leider waren die bisherigen Untersuchungen zur Siedlung des Fidvárs von Vrable (Batora, et al., 2011), etwa die Identifikation von Metallhand-

werksbereichen), nicht von Erfolg gekrönt (siehe D. Demant und D. Modarressi-Tehrani, in diesem Band). Dennoch wird man hier weitere archäometallurgische Untersuchungen anstreben müssen, so neue Feldergebnisse eines Tages zur Verfügung stehen.

Methoden und Fragestellungen des Bochumer Slowakei-Projektes

Prinzipielles Ziel des Bochumer Projektes war die Erforschung des bronzezeitlichen Wirtschaftsraumes „Westliches slowakisches Erzgebirge“, insbesondere der Erzgewinnung aus primären Lagerstätten des mittleren und oberen Grantales (Hron). Die Frage, ob die im Vorfeld gelegenen Siedlungen der Frühbronzezeit im erkennbaren Metallboom der Frühbronzezeit eine Verteilerfunktion spielten und die Lagerstätten seit dem Ende des 3. Jt. von hier aus wieder erschlossen wurden, zielte auf die Erforschung der gesamten Metallurgiekette, die notwendigerweise auch metallurgische Verfahren in den Siedlungen und Werkstätten einschließen sollte; leider haben die Untersuchungen am Fídvar bei Vrable kaum neue Befunde erbracht (abseits schon bekannter Gebläsedüsen: Falkenstein, et al., 2008; Batora, et al., 2008; 2011), und die Erforschung der primären Edukte der Metallverarbeitung aus Siedlungen der Frühbronzezeit war nur teilweise möglich (siehe Demant, in Vorbereitung).

Im Einzelnen wurden folgende zentrale Fragestellungen für die Entwicklung konkreter Projektziele entwickelt:

1. Montanarchäologische Untersuchungen zur Nutzung der primären Lagerstätte durch Surveys und Kleingrabungen

Die Basis für eine Beurteilung prähistorischer Rohstoffnutzung sollte konkret durch eine lagerstättenorientierte Prospektion und Feldforschung im Umfeld der genannten Altbergbauzonen (Nová Baňa; Banská Štiavnica; Špania Dolina/Staré Hory, L'ubietova) erfolgen (Garner, et al., 2014; 2017). In drei Gebieten sollte die Feldarbeit mit Hilfe von Kartierungen, geophysikalischen Prospektionen (Magnetik) sowie mit Hilfe von Sondageschnitten (Datierung) verdichtet werden. Die Arbeiten waren durchaus auch auf die spätmittelalterlichen bzw. neuzeitlichen Phasen ausgerichtet, da schon von Anbeginn klar war, dass jüngere Abbauphasen jedenfalls ältere Nutzungen überdeckten und es somit darauf ankam, zu einer montanarchäologischen Gesamtbewertung zu kommen. Die Abbauzonen um Špania Dolina und L'ubietová sollten den Schwerpunkt der angestrebten Untersuchungen bilden. Hier zeigte aber insbesondere die montanarchäologische Grabung im Bereich des Sandberges (Piesky), wie intensiv mittelalterliche und neuzeitliche Abbautätigkeit und Streckenaufschlüsse im Bereich des Ferdinand-Ganges die bronzezeitlichen Bergbauzeugnisse vernichtet haben dürften (siehe Beitrag J. Garner und M. Cheben, in diesem Band).

2. Siedlungsarchäologische Surveys im Umfeld prähistorischer Bergbauzonen (Nová Baňa; Banská Štiavnica; Špania-Dolina/Staré Hory, L'ubietova) sowie landschaftlicher Vorzugslandschaften des Grantales (Zvolener Becken; Becken um Banská Bystrica)

Diese Surveys sollten zunächst mit einer landschaftsarchäologischen Studie (in Zusammenarbeit mit der Univ. Heidelberg) kombiniert werden. Da der Heidelberger Projektteil sich aber in andere Richtung, vor allem auf das Umfeld des Žitava-Tales konzentrierte (siehe Batora, et al., 2011), kam diese Zusammenarbeit nicht zustande. Ausgehend von Archivstudien in den verfügbaren Ortsakten sollten zunächst Hinweisen auf bereits bekannte (früh-) bronzezeitliche Siedlungsstellen im Arbeitsgebiet nachgegangen werden und so präferierte Siedlungslagen identifiziert werden. Dabei zeigte sich schnell, dass – trotz intensiver Nachsuche – mit keinen frühbronzezeitlichen Siedlungsstellen zu rechnen war (siehe auch M. Kvietok, in diesem Band). Daher wurde vor allem in der zweiten Projektphase die Untersuchung der an den Lagerstätten liegenden Lausitzer Höhensiedlungen, insbesondere jener von L'ubietova-Výsoka, intensiviert. Der Zugriff erfolgte mikroregional, indem ausgewählte Fundstellen durch Sondagen untersucht wurden, um ihr zeitlichen Verhältnisse zu klären und Aussagen über das Siedlungsmuster zu treffen. Aus der Methodenkombination – Begehung, Geomagnetik, Bohrungen und Sondagen – hat sich zumindest in Teilen ein Einblick in den Aufbau und die Entwicklung vor allem der spätbronzezeitlichen Besiedlung des oberen und mittleren Grantales ableiten lassen (siehe Beitrag J. Garner und M. Cheben, in diesem Band, und auch der Beitrag von M. Kvietok). Dennoch ist aktuell nur schwer zu entscheiden, welche konkreten Abläufe einer Prozesskette wirklich in diesen spätbronzezeitlichen Siedlungen stattfanden und welche konkrete „Kontrolle“ der Rohstoffproduktion tatsächlich durch sie ausgeübt wurde, ein bis dato immer wieder geäußelter Ansatz. Darum ist die Entdeckung eines möglichen spätbronzezeitlichen Tiegels in L'ubietova-Výsoka in einer oberflächennahen Grube interessant (siehe S. 79 in diesem Band). Aktuell ist dieser Befund zwar nicht sicher mit metallurgischen Aktivitäten zu verbinden, doch deutet er an, wie schwer solche pyrotechnischen Befunde überhaupt entdeckt werden können. Es wäre bei detaillierter Nachsuche mit weiteren Befunden auch der Metallverarbeitung zu rechnen, die zumindest die Metallendverarbeitung in diesen Siedlungen belegen könnten (die möglicherweise eine Normalform der Siedlungen der Lausitzer Kultur waren). Dieser Befund spielt auch auf den dritten Fragestellungsbereich an, den wir schon zu Beginn definiert hatten.

3. Untersuchungen zur Metallwirtschaft in Siedlungen (Werkstätten) und zur Technologie der Metallbearbeitung am Beispiel des Fídvar von Vrable.

Die fortschreitenden Prospektionen der RGK und des Archäologischen Instituts der Slowakischen Akademie

Kerb- und Rillenschlägel



20419

20416

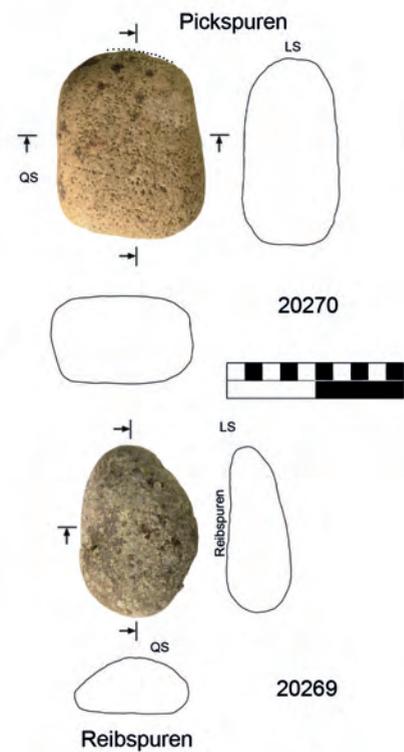


20452



20448

Pochplatten



20270

20269

Poch- und Reibgeräte

Abb. 4: Steingerätetypen aus Špania Dolina: Kerb- und Rillenschlägel, Scheid- bzw. Pochplatten, Scheidhämmer und Reibsteine (Fotos: Deutsches Bergbau-Museum Bochum/J. Garner, D. Demant).

(J. Bátor, K. Rassmann) ließen zunächst auf metallurgische Zonen innerhalb der Siedlung schließen (Falkenstein, et al., 2008; Bátor, et al., 2008; 2011). In Zusammenarbeit mit den slowakischen und deutschen Kollegen wurden solche Zonen durch Bohrstocksondagen weiter prospektiert und im Weiteren auch exemplarisch ausgegraben (siehe Beitrag D. Demant und D. Modaresi-Tehrani, in diesem Band). Einzelnen Zonen wurden flächig gebohrt und nach Metallanreicherungen in den Sedimenten analysiert, um ggfs. solche Zonen besser eingrenzen zu können. Leider erbrachten die Feldforschungen keine eindeutigen

diesbezüglichen Ergebnisse (siehe unten), weswegen diese Strategie nach der ersten Projektphase aufgeben werden musste.

4. Ergänzende und gezielte geochemische Untersuchungen zum regionalen Metallbestand und ihrem Verhältnis zu den Lagerstätten einzelner Tallandschaften.

Desgleichen sollte eine vertiefte Studie zur Provenienz von Metallen aus dem frühbronzezeitlichen Siedlungsraum im

Bereich Žitava-Tales angefertigt werden; die Metallfunde neu ausgegrabener frühbronzezeitlichen Gräberfelder im Žitava- und Nitratal (z.B. Ludanice/Mýtňa Nová Ves) wurden neu verprobt und weiter nach Metallsorten und Provenienz (im Sinne von Beziehungen ins slowakische Erzgebirge) klassifiziert und mit der Erzbasis verglichen (Modarressi-Tehrani, et al., 2016). Später wurden die Arbeiten auf die gesamte Bronzezeit bis Beginn der Früheisenzeit ausgeweitet. Diese Arbeiten wurden im Forschungslabor des DBM Bochum in Zusammenarbeit der Universität Frankfurt vorgenommen und sind nun Bestandteil der Dissertation von D. Demant (Demant, in Vorbereitung). Im Laufe der Arbeiten wurde diese Strategie ausgebaut und weitere Fundkomplexe sowohl aus der Südwestslowakei, aber auch aus dem slowakischen Erzgebirge untersucht. Gerade die detaillierte Auswertung der Funde aus einzelnen Gräbergruppen lässt erwarten, dass sich Einzelbezüge zu den Lagerstätten des oberen Grantales besser herausarbeiten lassen.

Ergebnisse: Nutzungsstrategien einer sekundären Siedlungslandschaft in der Kupfer- bis zur Spätbronzezeit

Trotz der mehrjährigen und phasenweise intensiven Geländearbeiten erwies sich die montanarchäologische Überlieferung in den Lagerstättenzonen im oberen Grantal als unerwartet schwierig; exemplarisch zeigten die Untersuchungen in Piesky (Sandberg), Poniky (Drienok) und L'ubietova, dass zum Teil schon im Spätmittelalter ein intensiver Bergbau eingesetzt hatte, der vor allem im Bereich der Erzgänge von Špania Dolina und L'ubietova zu der großflächigen Abbauphase in der frühen Neuzeit geführt hatte. Er dürfte zahlreiche ältere Spuren überprägt haben (siehe unten). Der „Sandberg“ lässt erkennen, wie intensiv die oberen Ausbissbereiche der Lagerstätte bis in das 20. Jh. genutzt wurden, wo zudem in Teilen Areale zur Ablagerung von Aufbereitungssanden genutzt wurden. Nur noch reliktsch ließen sich die oberen Teile der Lagerstätte erkennen und so war – trotz der zahlreichen Gerätefunde aus älteren und moderneren Begehungen – das Auffinden ungestörter prähistorischer Bergbaubefunde nicht einfach (Garner, et al., 2014; 2017). Bis dato gelang uns dies nicht. Dennoch deuten sich Befunde an, die den Sandberg (Piesky) zu dem bis dato einzigen, sicher prähistorisch genutzten Bergbaurevier im oberen Grantal machen. Allein das ist erstaunlich, denn auch für die anderen Bergbauzonen ist eine diesbezügliche Nutzung wahrscheinlich, bisher aber bestenfalls durch einzelne, diesbezügliche Gerätefunde angedeutet. Dies könnte seine Ursache in einer Änderung von bergbaulichen Strategien im Verlaufe der prähistorischen Nutzungsphasen der Lagerstätten des oberen Grantales haben. Wie oben angedeutet, könnte eine intensivere permanente Nutzung erst mit einer dauerhaften Aufsiedlung der Region eingesetzt haben.

Aufgrund der Siedlungsgeschichte und auch der bisherigen Ergebnisse der Provenienzstudien an re-

gionalen Metallen lässt sich immerhin die Hypothese formulieren, dass die ursprünglich vermutlich oberflächlich ausbeißenden Lagerstättenzonen zwischen Stary Hory und Piesky zunächst vor allem sporadisch und seit der Frühbronzezeit intensiver ausgebeutet wurden. Die zahlreichen Gerätefunde sind zwar von Schlägeln (Abbaugerät und auch Steinhämmer der Aufbereitung) (siehe Abb. 4) dominiert, lassen aber mit Pochplatte, Poch- und Reibsteinen erkennen, dass neben Abbauaktivitäten zumindest Scheidprozesse vor Ort durchgeführt wurden (siehe Katalog und Kommentar J. Garner). Daran lässt sich erkennen, dass handgeschiedene Erzkonzentrate in den Abbauzonen hergestellt wurden. Umgekehrt ist ein Verhütten nicht gesichert, selbst wenn es erste bescheidene Hinweise auf primäre Verhüttungsaktivitäten talwärts oberhalb von Stary Hory in der Flur Selce-Dbanka gibt (siehe Beitrag J. Garner und M. Cheben, in diesem Band). Allerdings steht deren zeitliche Einordnung aus.

Interessant sind auch die Gesteinsbestimmungen, die im Rahmen einer Untersuchung zur urnenfelderzeitlichen Metallurgie der Slowakei durchgeführt wurden (Pančíková, 2008, S. 150). Neben regionalen Quarziten (Vel'ká Fatra Gebirge östlich von Piesky) sind auch Andesite zu nennen, die wahrscheinlich von außen (etwa aus dem Kremnitzer Gebirge: Točík und Žebrák, 1989, S. 72) mitgebracht wurden. Die Geräte aus Špania Dolina geben also einen Hinweis auf jenen Weg, der vermutlich von Süden in das obere Grantal führte. Dies verweist auf ein Zugriffsmuster durch saisonale oder sporadische Rohstoffexpeditionen. Solche über mehrere Wochen organisierte Expeditionen könnten die Beschaffung von geeigneten Flussgeröllen eingeschlossen haben. Dass Dauerbesiedlungen vor der Spätbronzezeit im großen Umfang fehlen, unterstützt diese Hypothese. Von wenigen spät- und endneolithischen/kupferzeitlichen Beispielen im Zvolener Becken und um Banská-Bystrica abgesehen, ist keine dauerhafte Aufsiedlung des Gebietes vor der Spätbronzezeit nachgewiesen (M. Kvietok, in diesem Band; Tóth, 2010).

Aus der Frühbronzezeit gibt es überhaupt keine Stationen (mit Metallurgienachweisen) im Gebiet, wohingegen nach Lage der Provenienzstudien gerade in dieser Zeit sogar eine intensivierete Nutzung der Lagerstätten eingesetzt hat. Ob frühbronzezeitliche Stationen nicht gefunden wurden, oder ob es vielleicht auch Änderungen und eine Spezialisierung im Zugriff durch die oben angedeuteten Expeditionen gab, kann nur vermutet werden. Vor allem die Badener und nach Baden-zeitlichen Fundstellen deuten an, dass die eher geringeren Kupfermengen des 4. und 3. Jt. v. u. Z. (siehe u.a. die Nachweise bei Schreiner, 2007) zunächst noch nahe von Špania Dolina verarbeitet wurden (etwa ein Tagesmarsch). In der Frühbronzezeit verlagert sich die Endverarbeitung schließlich in die fruchtbaren Siedlungslandschaften südwestlich des Montanraumes. Damit dürfte eine Strategieänderung einhergegangen sein, sei es, dass Expeditionen nun größer wurden und für dauerhafteren Aufenthalt und Abbau ausgestattet wurden (mit Arbeitskräften, Lebensmitteln, Geräten), sei es, dass sich Siedlungs- und Bevölkerungsumstände so

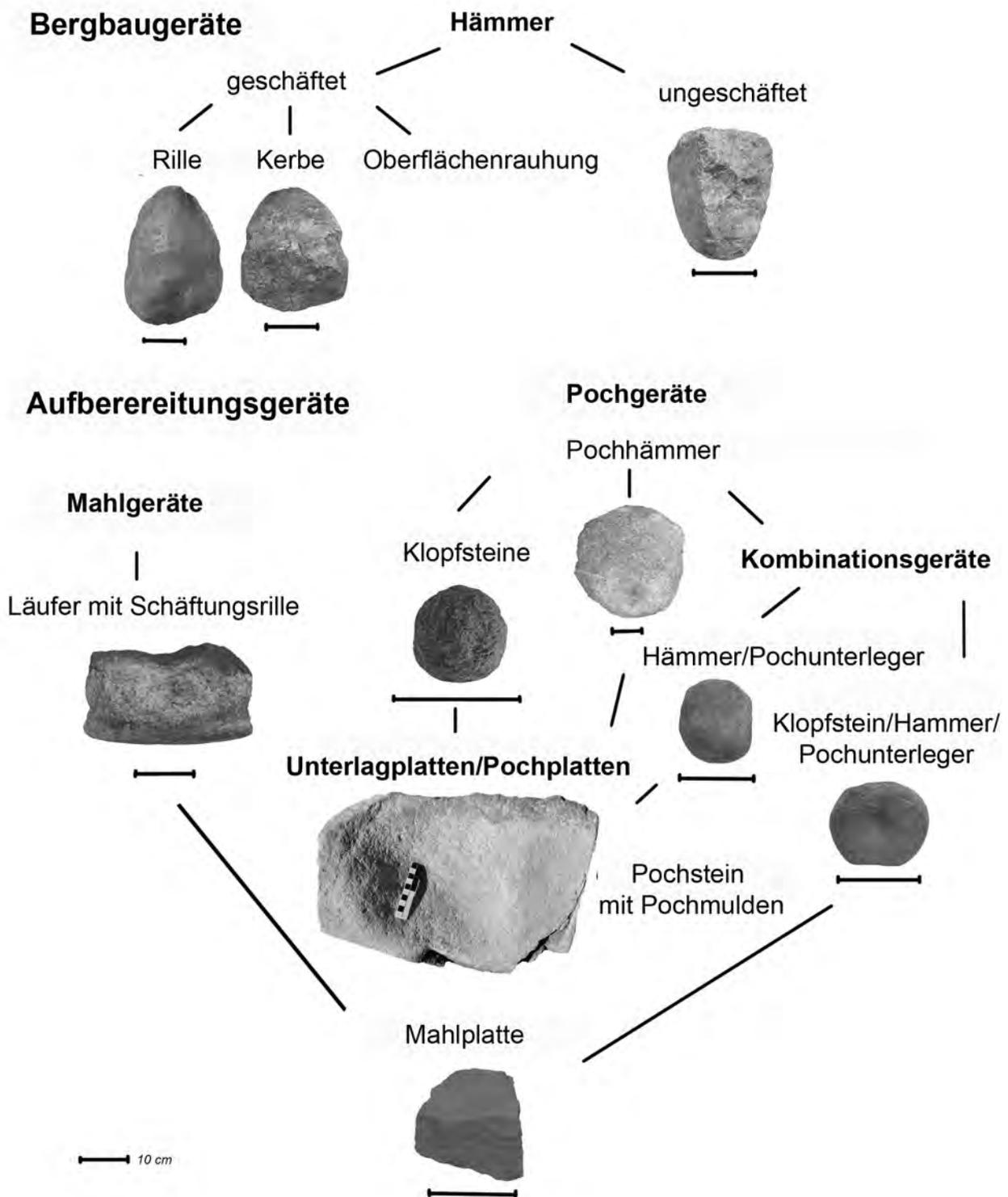


Abb. 5: Steingerätetypen aus dem „Mitterberg“-Revier der ausgehenden Mittel- bis früheren Spätbronzezeit (Grafik: nach Stöllner 2019c, S. 167, Fig. 2).

geändert haben, dass eine Besiedlung im Vorfeld der Lagerstätten keine ausreichenden Subsistenzbedingungen mehr bot. Dafür spricht auch, dass es makrolithische Gerätebestände (vor allem die auffälligen Steinschlägel) in den anderen Lagerstättenzonen wie im Veporgebirge

oder in der Niederen Tatra nicht gibt (wo sich allerdings dann später die spätbronzezeitlichen Höhensiedlungen häufen). Eine letztlich aber fortdauernde Nutzung der Lagerstätten im oberen Grantal in der Frühbronzezeit durch extensive, von außen gesteuerte Expeditionen, ist

somit wahrscheinlich; ist doch dies eine Bergbaustrategie, wie sie seit dem 6. Jt. v. u. Z. in Mitteleuropa die Regel war. Die Etablierung ortsstabiler Montanreviere gelang in den Alpen ebenfalls erst im 2. Jt. v. u. Z., anderswo eigentlich erst mit den Eisenzeiten im 1. Jt. v. u. Z. (siehe zusammenfassend Stöllner, im Druck).

Dies könnte andeuten, dass sich diese Art des bergbaulichen Zugriffs erst mit der Spätbronzezeit gewandelt hat, und nun Elemente einer Bergbautechnik (nicht Hütten-technik!) eingesetzt wurden, wie wir sie aus den östlichen Alpen kennen (Thomas, im Druck). Allerdings fehlen spezifische Steingeräte wie wir sie aus den ostalpinen Revieren vor allem aus der Nassaufbereitung kennen (z. B. Stöllner, 2019c) (Abb. 5). Steingeräte wären insgesamt eher noch in der Trockenaufbereitung eingesetzt und der Abbau vielleicht durch Metallgezähe (z.B. mit Pickel des ostalpinen Typs) mit Hilfe von Feuersetzen vorgenommen worden. Solche gibt es mittlerweile in einigen Exemplaren aus dem weiteren Karpatenbecken, allerdings interessanterweise nicht aus den Horten des Grantales. Dies könnte andeuten, dass mit regelhaftem Tiefbergbau im Grantal auch in dieser Zeit nicht zu rechnen ist. Der Bergbau ging somit also vermutlich weiter oberflächennah um, denn die reichen Erzlagerstätten des oberen Grantales machten einen solchen Tiefbergbau vielleicht gar nicht nötig. Insgesamt ist auch für andere Zonen des Karpatenbogens auffällig, dass ortstabile Nutzung, z.B. in Siebenbürgen, nicht nur mit verstärkten Hinweisen auf Metallernutzung (z.B. Kacsó, 2013; Thomas, 2014; Pernicka, et al., 2016b), sondern vor allem mit der Salzgewinnung zu beschreiben ist (Harding und Kavruk, 2013). Man könnte also mit P. Thomas (siehe oben) annehmen, dass ein Techniktransfer aus den Alpen eingesetzt hat, dieser aber nur selektiv auf bestimmte Wissensbestände ausgerichtet war. Wie vor allem das Beispiel der prähistorischen Salzgewinnung in Siebenbürgen zeigt, traf dieser „ostalpine“ Wissensbestand dort auf reiche regionale Erfahrungen im Umgang mit mineralischen Rohstoffen. Das dürfte auch auf das mittlere slowakische Erzgebirge zutreffen, wo es ja schon eine seit der späten Kupferzeit etablierte „Montantradition“ gab, dieser aber über mehrere Jahrhunderte in den Schatten großer Metallhersteller (aus den Alpen, aus dem Mittelmeerraum) geriet.

Sicher scheint für das mittlere slowakische Erzgebirge jedenfalls zu sein, dass mit der in der Spätbronzezeit einsetzenden Dauerbesiedlung nun auch wieder die regionale Nutzung der Erzlagerstätten intensiviert wurde, dennoch aber auch jetzt die ostalpine Technologie nicht übernommen wurde. Wie bedeutend diese vielleicht nur noch regionale Gewinnung nun in den überregionalen Stoffströmen gewesen war, ist beim derzeitigen Forschungsstand noch völlig offen. Wie oben angedeutet, muss in der Spätbronzezeit mit Kupferverbänden gerechnet werden, die per se schon Mischkupfersorten in den Umlauf brachten und regional verarbeiteten. Hier darf man auf die Ergebnisse der in Ausarbeitung befindlichen Dissertation von D. Demant (in Vorbereitung) gespannt sein. Dennoch werden Fragen unbeantwortet bleiben und weiterer

montanarchäologischer wie auch archäometallurgischer Gelände- und Laborforschungen bedürfen.

Literatur

- Bartels, C. und R. Slotta, 2012. *Geschichte des deutschen Bergbaues I. Der alteuropäische Bergbau. Von den Anfängen bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts*. Münster: Aschendorf.
- Bartík, J., 1999. Die Metallgießerei der Mad'arovec-Kultur. In: J. Bátorá und J. Peška, 1999. *Aktuelle Probleme der Erforschung der Frühbronzezeit in Böhmen und Mähren und in der Slowakei*. Archaeologica Slovaca Monographiae Communiones 1. Nitra: Archeologický ústav SAV, S. 183-193.
- Bátorá, J und Pernicka, E., 1999. Chemische Zusammensetzung der Kupferartefakte aus dem frühbronzezeitlichen Gräberfeld von Jelšovice, Südwestslowakei. In: A. Hauptmann, E. Pernicka, Th. Rehren und Ü. Yalçın, (Hrsg.), 1999. *The Beginnings of Metallurgy*. Der Anschnitt, Beiheft 8, Bochum: Deutsches Bergbaumuseum Bochum, S. 277-284.
- Bátorá, J., Eitel, B., Falkenstein, F. und Rassmann, K., 2008. Fidvár bei Vrábě – Eine befestigte Zentralsiedlung der Frühbronzezeit in der Slowakei. In: J. Czebreszuk, S. Kadrow und J. Müller (Hrsg.), 2008. *Defensive Structures from Central Europe to the Aegean in the 3rd and 2nd millennia BC*. Studien zur Archäologie Ostmitteleuropa 5. Poznań, Bonn: Archeobooks, S. 97-107.
- Bátorá, J., Eitel, B., Hecht, S., Koch, A., Rassmann, K., Schukraft, G. und Winkelmann, K., 2011. Fidvár bei Vrábě (Kr. Nitra, Südwestslowakei). Untersuchungen auf einem äneolithisch-frühbronzezeitlichen Siedlungshügel. *Germania* 87, S. 1-23.
- Bernard, Chr., 2005. *Die Nitragruppe in der Südwestslowakei. Eine archäologische und paläometallurgische Analyse ausgewählter Gräberfelder*. Saarbrücken: De Gruyter.
- Bunnefeld, J.-H., 2016a. *Älterbronzezeitliche Vollgriffschwerter in Dänemark und Schleswig-Holstein*. Studien zu Form, Verzierung, Technik und Funktion. Teil I: Text und Katalog. Teil II: Listen, Karten und Tafeln. Mainz: Wachholtz Murmann Publishers.
- Bunnefeld, J.-H., 2016b. Crafting swords. The emergence and production of full-hilted swords in the Early Nordic Bronze Age. *Prähistorische Zeitschrift*, 91(2), S. 379-430.
- Christoforidis A. und Pernicka, E., 1988. Gruppierung von Metallanalysen mit Hilfe der Clusteranalyse. In: R. Krause, (Hrsg.), 1988. *Die endneolithischen und frühbronzezeitlichen Grabfunde auf der Nordstadterrasse von Singen am Hohentwiel*. Band 32. Stuttgart: Theiss, S. 252-62.
- Demant, D., in Vorbereitung. *Die Kupferversorgung der Bronzezeit und die Lagerstätten des westslowakischen Erzgebirges*. PhilDiss. Bochum in Vorbereitung.
- Eibner, C., 1982. Kupfererzbergbau in Österreichs Alpen. In: B. Hänsel, (Hrsg.), 1982. *Südosteuropa zwischen 1600 und 1000 v. Chr.* Prähistorische Archäologie in Südosteuropa 1, Berlin: Spiess, S. 399-408.
- Eibner, C., 2016. Ost und West, West und Ost. Mobilität und Technologietransfer. In: M. Bartelheim, B. Horeijs und R. Krauss, (Hrsg.), 2016. *Von Baden bis Troia. Ressourcenutzung, Metallurgie und Wissenstransfer. Eine Jubiläumsschrift für Ernst Pernicka*. Oriental and European Archaeology 3. Rahden/Westfalen: Marie Leidorf, S. 439-452.
- Falkenstein, F., Bátorá, J., Eitel, B. und Rassmann, K., 2008. Fidvár bei Vrábě – Archäologische Prospektionen auf einer befestigten Zentralsiedlung der Frühbronzezeit in der Slowakei. *Mitteilungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte*, 29, S. 39-50.

- Furmánek, V., 2005. Stav poznania pravekej prospekcie a ťažby neželezných kovov na Slovensku. – Wissenstand der urzeitlichen Prospektion und des Abbaues von Nichteisenmetallen in der Slowakei. In: J. Labuda, Hrsg., 2005. *Montánna Archeológia na Slovensku*. Banská Štiavnica: Slovenské banské múzeum Banská Štiavnica, S. 15-18.
- Furmánek, V. und Vladár, J., 2002. Der Stand der Metallanalysen-tätigkeit in der Slowakei. In: M. Bartelheim, E. Pernicka und R. Kraus, Hrsg., 2002. *Die Anfänge der Metallurgie in der Alten Welt*. Rahden/Westfalen: Marie Leidorf, S. 255-264.
- Garner, J., Cheben, M., Demant, D., Enke, U., Herd, R., Labuda, J., Modarressi-Tehrani, D., Stöllner, T. und Tóth, P., 2014. Neue montanarchäologische Untersuchungen im Slowakischem Erzgebirge. *Der Anschnitt*, 66(2-3), S. 66-77.
- Garner, J., Modarressi-Tehrani, D. und Bátor, J., 2017. Bergauf – Bergab – Die Suche nach dem bronzezeitlichen Bergbau. Konferenz Stříbrná Jihlava 2016/Silbernes Iglau 2016. *Acta Rerum Naturalium*, 21, S. 209-230.
- Gašaj, D., 2019. Výstava Poklad z Trhovišťa. *Historica Carpatica*, 50, S. 145-146.
- Grutsch, O., Lutz, J., Goldenberg, G. und Hiebel, G., 2019. Copper and bronze axes from Western Austria reflecting the use of different copper types from the Early Bronze Age to the Early Iron Age. In: R. Turk, Th. Stöllner und G. Goldenberg, (Hrsg.), 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42. Rahden/Bochum: Marie Leidorf, S. 335-362.
- Harding, A. und Kavruk, V., 2013. *Explorations in salt archaeology in the Carpathian Zone*. Archaeolingua, Main Series, 28. Budapest: Archaeolingua.
- Hauptmann, A., 2020. *Archaeometallurgy – Material Science Aspects*. Natural Science in Archaeometallurgy. Cham: Springer Nature Switzerland.
- Junghans, S., Sangmeister, E. und Schröder, M., 1960. *Metallanalysen kupferzeitlicher und frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europa*. Studien zu den Anfängen der Metallurgie 1, Berlin: Gebr. Mann.
- Junghans, S., Sangmeister, E. und Schröder, M., 1968a. *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas: Die Metallgruppen beim Stand von 12000 Analysen*. Studien zu den Anfängen der Metallurgie 2/1, Berlin: Gebr. Mann.
- Junghans, S., Sangmeister, E. und Schröder, M., 1968b. *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas: Tafeln, Tabellen, Diagramme, Karten*. Studien zu den Anfängen der Metallurgie 2/2, Berlin: Gebr. Mann.
- Junghans, S., Sangmeister, E. und Schröder, M., 1968c. *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas: Katalog der Analysen Nr. 985-10040*. Studien zu den Anfängen der Metallurgie 2/3, Berlin: Gebr. Mann.
- Junghans, S., Sangmeister, E. und Schröder, M., 1974. *Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas: Katalog der Analysen Nr. 10 041-22000 (mit Nachuntersuchungen der Analysen Nr. 1-10040)*. Studien zu den Anfängen der Metallurgie 2/4, Berlin: Gebr. Mann.
- Kacsó, C., 2013. Beiträge zur Kenntnis des bronzezeitlichen Metallhandwerks in der Maramuresch. In: B. Rezi, R.E. Németh und S. Berecki, (Hrsg.), 2013. *Bronze Age Crafts and Craftsmen in the Carpathian Basin. Proceedings of the International Colloquium from Târgu Mureş 5-7 October 2012*, Bibliotheca Musei Marisiensis. Seria archaeologica 6, Târgu Mureş: MEGA, S. 225-237.
- Kienlin, T. und Stöllner, T., 2009. Singen Copper, Alpine Settlement and Early Bronze Age Mining: Is There a Need for Elites and Strongholds? In: T. L. Kienlin und B. Roberts, (Hrsg.), 2009. *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*. Universitätsforschungen Prähistorische Archäologie 169, Bonn: Habelt, S. 67-104.
- Krause, R., 2003. *Studien zur kupfer- und frühbronzezeitlichen Metallurgie zwischen Karpatenbecken und Ostsee*. Vorgeschichtliche Forschungen 24. Rahden/Westfalen: Marie Leidorf.
- Lambrecht, K., 1998. Aufstiegschancen und Handlungsräume in ostmitteleuropäischen Zentren um 1500. Das Beispiel der Unternehmerfamilie Thurzó. *Zeitschrift für Ostmitteleuropaforschung*, 47, S. 317-346.
- Lenerz-de Wilde, M., 1995. Prämonetäre Zahlungsmittel in der Kupfer- und Bronzezeit Mitteleuropas. *Fundberichte aus Baden-Württemberg*, 20, S. 229-327.
- Ling, J., Stos-Gale, Z. A., Grandin, L., Billström, K., Hjärthner-Holdar, E. und Persson, P.-O., 2014. Moving metals II: Provenancing Scandinavian Bronze Age artefacts by lead isotope and elemental analyses. *Journal of Archaeological Science*, 41, S. 106-132.
- Lutz, J., Krutter, S. und Pernicka, E., 2019. Composition and spatial distribution of Bronze Age planoconvex copper ingots from Salzburg, Austria. First results from the "Salzburger Gusskuchenprojekt". In: R. Turk, Th. Stöllner und G. Goldenberg, (Hrsg.), 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42, Rahden/Bochum: Marie Leidorf, S. 363-372.
- Ling, J., Hjärthner-Holdar, E., Grandin, L., Stos-Gale, Z.A., Kristiansen, K., Melheim, L., Artioli, G., Angelini, I., Krause, R. und Canovaro, C., 2019. Moving metals IV: Swords, metalsources and trade networks in Bronze Age. *Journal of Archaeological Science*, 26, S. 106-132.
- Melheim, L., Grandin, L., Persson, P.-O., Billström, K., Stos-Gale, Z., Ling, J., Williams, A., Angelini, I., Canovaro, C., Hjärthner-Holdar, E. und Kristiansen, K., 2019. Moving metals III: Possible origins for copper in Bronze Age Denmark based on lead isotopes and geochemistry. *Journal of Archaeological Science* 96, S. 85-105.
- Modarressi-Tehrani, D., Garner, J. und Kvietok, M., 2016. Copper production in the Slovak Ore Mountains – new approaches. In: G. Körlin, M. Prange, Th. Stöllner und Ü. Yalçın, (Hrsg.), 2016. *From Bright Ores to Shiny Metals. Festschrift for Andreas Hauptmann on the occasion of 40 Years Research in Archaeometallurgy and Archaeometry*. Der Anschnitt, Beiheft 29, Bochum: Marie Leidorf, S. 109-123.
- Möslein, S. und Pernicka, E., 2019. The metal analyses of the SSN-project (with catalogue). In: R. Turk, Th. Stöllner und G. Goldenberg, (Hrsg.), 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42, Rahden/Bochum: Marie Leidorf, S. 399-454.
- Novotná, M., 1955. Medené nástroje a problém najstaršej ťažby medi na Slovensku (dt. Zusammenfassung: Kupfergeräte und das Problem der ältesten Kupfergewinnung in der Slowakei, 96-98). *Slovenská Archeológia*, 3, S. 70-100.
- Nørgaard, H., Pernicka, E. und Vandkilde, H., 2019. *On the trail of Scandinavia's early metallurgy: Provenance, transfer and mixing*. PLoS ONE 14(7): <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219574>
- Otto, H. und Witter, W., 1952. *Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa*. Leipzig: Barth.
- Pančíková, Z., 2008. Metallurgia v období populnicových polí na Slovensku. Urnenfelderzeitliche Metallurgie in der Slowakei. *Památky Archeologické*, 99, S. 93-160.
- Pernicka, E., Lutz, J. und Stöllner, T., 2016a. Bronze Age Copper Produced at Mitterberg, Austria, and its Distribution. *Archaeologia Austriaca*, 100, S. 19-55.
- Pernicka, E., Nessel, B., Mehofer, M. und Safta, E., 2016b. Lead Isotope Analyses of Metal Objects from the Apa Hoard and Other Early and Middle Bronze Age Items from Romania. *Archaeologia Austriaca*, 100, S. 57-85.

- Pernicka, E., 2017. Untersuchungen zur Klassifikation und Herkunft der Spangenbarren von Oberding. In: H. Krause und S. Kutscher, (Hrsg.), 2017. *Spangenbarrenhort Oberding. Gebündelt und vergraben - ein rätselhaftes Kupferdepot der Frühbronzezeit*. Erding: Stadt Erding, S. 168-179.
- Pleiner, R. und Bialeková, D., 1982. The Beginnings of Metallurgy on the Territory of Czechoslovakia. *Bulletin of the Metals Museum*, 7, S. 16-28.
- Pittioni, R., 1957. *Urzeitlicher Bergbau auf Kupfererz und Spurenanalyse. Beiträge zum Problem der Relation Lagerstätte - Fertigobjekt*. *Archaeologia Austriaca*, Beiheft 1(76), Wien: Deuticke.
- Pouba, Z. und Ilavský, J., 1986. Czechoslovakia. In: F. W. Dunning und A. M. Evans, (Eds.), 1986. *Mineral deposits of Europe*, Volume 3: Central Europe. London: Leicester University, S. 146-173.
- Radiojević, M., Roberts B.W., Pernicka E., Stos-Gale Z., Martín-Torres, M., Rehren T., et al., 2018. The Provenance, Use and Circulation of Metals in the European Bronze Age: The State of Debate. *Journal of Archaeological Research*, 27(2), S. 131-185.
- Rassmann, K., 2005. Zur Chronologie der Hortfunde der Klassischen Aunjetitzer Kultur. Eine Auswertung von Metallanalysen aus dem Forschungsvorhaben "Frühe Metallurgie im zentralen Mitteleuropa". In: B. Horejs, R. Jung, E. Kaiser, B. Teržan, (Hrsg.), 2005. *Interpretationsraum Bronzezeit. Bernhard Hänsel von seinen Schülern gewidmet*. Universitätsforschungen Prähistorische Archäologie, 121. Bonn: Habelt, S. 463-480.
- Rassmann K., 2010. Die frühbronzezeitlichen Stabdolche Ostmitteleuropas – Anmerkungen zu Chronologie, Typologie, Technik und Archäometallurgie. In: H. Meller und F. Bertemes, (Hrsg.), 2010. *Der Griff nach den Sternen. Wie Europas Eliten zu Macht und Reichtum kamen*. Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle. Halle (Saale): Beier und Beran, S. 807-821.
- Rassmann, K., 2011. Metallverbrauch in der frühen Bronzezeit Mitteleuropas: Produktion, Zirkulation und Konsumption frühbronzezeitlicher Metallobjekte als Untersuchungsgegenstände einer archäologischen Wirtschaftsgeschichte. In: S. Hansen und J. Müller, (Hrsg.), 2011. *Sozialarchäologische Perspektiven: Gesellschaftlicher Wandel 5000–1500 v.Chr. zwischen Atlantik und Kaukasus*. Arch. Eurasien, 24. Berlin: DAI und Philipp von Zabern, S. 341-363.
- Reinecke, P., 1930. *Die Bedeutung der Kupferbergwerke der Ostalpen für die Bronzezeit Europas*. *Schumacher Festschrift 1930*. Mainz: RGZM, S. 107-115.
- Schreiner, M., 2007. *Erzlagerstätten im Hronstal, Slowakei. Genese und prähistorische Nutzung*. Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft, 3. Rahden/Westfalen: Marie Leidorf.
- Schreiner, M., Heyd, V. und Pernicka, E., 2012. Kupferzeitliches Metall in der Westslowakei. In: R. Kujovský und V. Mitáš, Hrsg., 2012. *Václav Furmánek A doba Bronzová: Zborník k sedemdesiatym narodeninám*. *Archaeologica Slovaca Monographiae, Communicationes*, 13. Nitra: Archeologický Ústav Slovenskej Akadémie Vied, S. 255-366.
- Slotta, R., 1997. Das Montanwesen im Slowakischen Erzgebirge. In: R. Slotta und J. Labuda, (Hrsg.), 1997. *Bei diesem Schein kehrt Segen ein". Gold, Silber und Kupfer aus dem Slowakischen Erzgebirge*. Katalog zur Ausstellung des Deutschen Bergbau-Museums Bochum. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum.
- Sperber, L., 2004. Zur Bedeutung des nördlichen Alpenraumes für die spätbronzezeitliche Kupferversorgung in Mitteleuropa: Mit besonderer Berücksichtigung Nordtirols. In: G. Weisgerber und G. Goldenberg, (Hrsg.), 2004. *Alpenkupfer – Rame delle Alpi*, Der Anschnitt Beiheft 17. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, S. 303-345.
- Stöllner, T., 2003. Bemerkungen zur bronzezeitlichen Gewinnung von sog. Fahl- und Kupferkieserzen in Salzburg und Nordtirol. Beitrag zu Bachmann, H.-G., Bunt- und Edelmetalle aus mitteleuropäischen Komplexerz-Lagerstätten: Fahlerzverhüttung von der Bronzezeit bis zur Renaissance. In: T. Stöllner G. Körlin, G. Steffens und J. Cierny, (Hrsg.), 2003. *Man and Mining. Studies in honour of Gerd Weisgerber*. Der Anschnitt Beiheft 16. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, S. 30-35.
- Stöllner, T., 2019a. What is an Ore Deposit? Approaches from Geoscience and Archaeology in Understanding the Usage of Deposits. *Metalla*, 24.2, S. 87-110.
- Stöllner, T., 2019b. Enmeshment within Resource-Scapes – Eastern Alpine Copper Production of the Bronze- and Early Iron Age", in: In: R. Turk, Th. Stöllner und G. Goldenberg, (Hrsg.), 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42, Rahden/Bochum: Marie Leidorf, S. 13-30.
- Stöllner, T., 2019c. Between mining and smelting in the Bronze Age – Beneficiation processes in an Alpine copper producing district. Results of 2008 to 2017 excavations at the "Sulzbach-Moos"-bog at the Mitterberg (Salzburg, Austria). In: R. Turk, Th. Stöllner und G. Goldenberg, (Hrsg.), 2019. *Alpine Copper II – Alpenkupfer II – Rame delle Alpi II – Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*. Der Anschnitt, Beiheft 42, Rahden/Bochum: Marie Leidorf, S. 165-190.
- Stöllner, T., im Druck. A New Mineral Age: From Economic Strategies to Societal Impacts of Early Metal Ages' Mining and Raw Material Procurement. *Festschrift für Béatrice Cauuet*.
- Stöllner, T., Rüden, C. von, Hanning, E., Lutz, J. und Kluge, S., 2016. The Enmeshment of Eastern Alpine Mining Communities in the Bronze Age. From Economic Networks to Communities of Practice. In: G. Körlin, M. Prange, T. Stöllner und Ü. Yalcin, (Hrsg.), 2016. *From Bright Ores to Shiny Metals. Festschrift for Andreas Hauptmann on the Occasion of 40 Years Research in Archaeometallurgy and Archaeometry*. Der Anschnitt, Beiheft 29. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, S. 75-107.
- Tóth, P., 2010. *Pohronie v neolite a eneolite*. Magisterarbeit Bratislava.
- Thomas, P., 2014. Copper and Gold – Bronze Age Ore Mining in Transylvania. *Apulum* 51, S. 177-193.
- Thomas, P., im Druck. Unbekannt, unerkannt, vergessen. Oder: Ein Ton in der Musik der Hortfunde. *Festschrift für Andreas Müller-Karpe* (im Druck).
- Točik, A. und Žebrák, P., 1989. Ausgrabungen in Špania Dolina-Piesky. Zum Problem des urzeitlichen Kupfererzbergbaues in der Slowakei. In: A. Hauptmann, E. Pernicka und G. A. Wagner, (Hrsg.), 1989. *Archäometallurgie in der Alten Welt. Symposium Heidelberg*, Der Anschnitt, Beiheft 7. Bochum: Deutsches Bergbau-Museum Bochum, S. 71-78.
- Žebrák, P., 1995. The traces of the primary mining of non-ferrous metals in Slovakia. In: P. Petrović und S. Đurđekanić, (Hrsg.), 1995. *Ancient mining and metallurgy in southeast Europe*. Bor: Museum of Mining and Metallurgy, S. 13-19.

Autor

Thomas Stöllner – Deutsches Bergbau-Museum, Abteilung Forschung, zugleich: Institut für Archäologische Wissenschaften, Ruhr-Universität Bochum

Korrespondenz und Materialanfragen sind an den korrespondierenden Autor zu richten: thomas.stoellner@bergbaumuseum