

Die Verteilungsmuster von Schwermetallen im Bereich eines urzeitlichen Kupferschmelzplatzes im Paltental

Walter Prochaska und Gerd Rantitsch, Leoben

1. Einleitung

Im Palten-Liesingtal und im Johnsbachtal wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Schlackenfunde aus der mittleren und der späten Bronzezeit gemacht, die eine intensive Produktion und Verhüttung von Kupfer zu dieser Zeit belegen. Üblicherweise waren die jährlichen Produktionsmengen von Rohkupfer an einem Schmelzplatz in der Bronzezeit relativ gering (50 bis 100 kg) und die Umweltbelastung daher wahrscheinlich nicht sehr groß. Das Datenmaterial in dieser Frage ist allerdings noch zu gering, um eine sichere Bewertung dieses Sachverhaltes zu geben.

Wichtig für die gegenständlichen Untersuchungen ist, dass neben verschiedenen anderen Cu-Sulfiden auch Fahlerze im Paltental verhüttet wurden. Entsprechend dieser mineralogischen Zusammensetzung der zum Einsatz gelangten Erze sind hauptsächlich Cu und As als chemische Anomalien in den Böden zu erwarten. Diese treten sowohl als geogene Bildungen über den Ausbissen der Vererzungen in Erscheinung als auch, anthropogen verursacht, in jenen Gebieten, wo diese Erze aufbereitet und verhüttet wurden. Während des Schmelzens im Schachtofen kam es zu einem Austrag von leichtflüchtigen Verbindungen, welcher sich in einer Kontamination des umgebenden Bodens zeigen sollte.

Die Schlacken weisen neben dem eigentlichen Wertmetall Kupfer teilweise sehr hohe Gehalte an verschiedenen Schwermetallen auf (**Tabelle 1**). Das gibt die Möglichkeit, mit den Mitteln der geochemischen Prospektion die Ausbreitung, Verteilung und eine eventuelle Belastung der Umwelt durch verschiedene Transportprozesse zu untersuchen. Besonders die Auswirkungen auf die Umwelt, wie z. B. der Austrag von leichtflüchtigen Verbindungen während des Röstens bzw. Schmelzens im Schachtofen, der zu einer luftverfrachteten Kontamination in weiterer Umgebung führen kann, wurden bisher nur ansatzweise untersucht (Prochaska et al. 2002).

Tabelle 1: Chemische Analyse von von Kupferschlacken der Spätbronzezeit vom Verhüttungsplatz Flitzten I und den nahegelegenen Schlackenplätzen Meilerplatz I und II. Alle Angaben in ppm (aus Preßlinger und Prochaska, 2002).

	Cu	Ni	Co	Pb	Zn	As
Flitzten I	5210	47	558	68	273	1490
Flitzten II	6399	358	163	50	252	1040

In dieser Arbeit soll speziell untersucht werden, welche Mechanismen der Schadstoffausbreitung auftraten. Neben der eher lokalen Ausbreitung der Anomaliebereiche durch Verwitterung, Sorption, Auswaschung, Bodenkriechen und Transport von Schlacken wird besonders auch auf die Ausbreitung von leichter flüchtigen Substanzen (z. B. durch Aerosole) etc. in die weitere Umgebung Augenmerk gelegt.

2. Geographische und geologische Position der Fundstelle

Ausgangspunkt für die Beprobung war ein Schlackenfund im Bereich westlich von Johnsbach ca. 500 m nordöstlich der hinteren Flitzenalm im Bezirk Liezen/Steiermark. Dieser Fundpunkt ist seit längerer Zeit bekannt und wird auch in der Literatur erwähnt (z. B. Preßlinger und Prochaska, 2002). Die Arbeitsbezeichnung „Flitzten I“ für diesen Fundpunkt wird auch in dieser Arbeit beibehalten. Das geologische Umfeld dieser Lokalität ist gut bekannt, und es treten auch zahlreiche Vererzungen in der näheren Umgebung auf, sodass die Mineralogie der Erze, die hier zum Einsatz kamen, relativ gut untersucht ist.

Der gegenständliche Fundpunkt liegt geologisch im Bereich der Norischen Decke (im Wesentlichen Altpaläozoikum) der Grauwackenzone. Bei den hier auftretenden Gesteinen handelt es sich um Metapelite („Grauwackenschiefer“), saure und basische Metavulkanite, Karbonate, permische Klastika und Haselgebirge.

Südlich des Untersuchungsgebietes befinden sich die bekannten Vererzungen bei Kalwang, Bärndorf und Büschendorf (z. B. Schlüter, 1979; Wasserthal, 1982), die im 19. Jahrhundert noch beschürft wurden, aber auch urzeitlich genutzt wurden. Sie liegen allerdings außerhalb des Einzugsgebietes des untersuchten Bereiches.

Für die urzeitliche Kupfergewinnung waren Ganglagerstätten meist geringen Ausmaßes von Bedeutung, während die großen Sideritvorkommen im weiteren Untersuchungsgebiet für die urzeitliche Buntmetallgewinnung wohl keine Rolle spielten. Die Kiesvererzungen dieses Bereiches der östlichen Grauwackenzone sind ausschließlich an kleinräumige Strukturen (Gänge oder Lagergänge) von unterschiedlicher Mächtigkeit gebunden. Im Gegensatz zu den stockförmigen Sideritvererzungen vom Typ „Steirischer Erzberg“ hatten diese Vererzungen in der Neuzeit keine nennenswerte Bedeutung.

Wie oben erwähnt sind die gegenständlichen Vererzungen an Gangstrukturen gebunden. Die Gangart der gegenständlichen Vererzungen besteht ausschließlich aus

Quarz und Fe-Karbonat (Siderit, Ankerit). Die Hauptvererzung ist eine Fe-Cu-Vererzung, untergeordnet tritt auch eine Fe-Co-Ni-Mineralisation auf. Von Interesse für den urzeitlichen Bergbau waren ausschließlich Kupferkies und verschiedene Fahlerze, jene Sulfidminerale, aus denen Kupfer erschmolzen werden konnte. Das häufige Auftreten von arsenhaltigen Fahlerzen (Tennantit) und Arsenkies in den Erzen spiegelt sich in den entsprechend hohen Konzentrationen dieser Elemente in den Schlacken wider.

Der Mineralbestand (etwa nach der quantitativen Bedeutung gereiht) besteht aus den Primärmineralen Pyrit,

Kupferkies, Tennantit und Arsenkies. Untergeordnet treten Kobaltglanz, Gersdorffit, Hämatit, Bleiglanz, Molybdänglanz, Magnetit und Gold auf. An Sekundärmineralen findet man in den verwitterten Bereichen Malachit, Azurit, Covellin, Kobaltblüte und Kupferglanz, Pyrit, Kupferkies, Tennantit, Arsenkies.

Diese mineralogische Zusammensetzung der Erze bringt es mit sich, dass hauptsächlich Cu, As und untergeordnet Co als chemische Anomalien sowohl in den Böden über den Ausbissen der Vererzungen auftreten, aber als auch in jenen Gebieten, wo diese Erze aufbereitet und verhüttet wurden. Besonders beim Element As kann es hier im

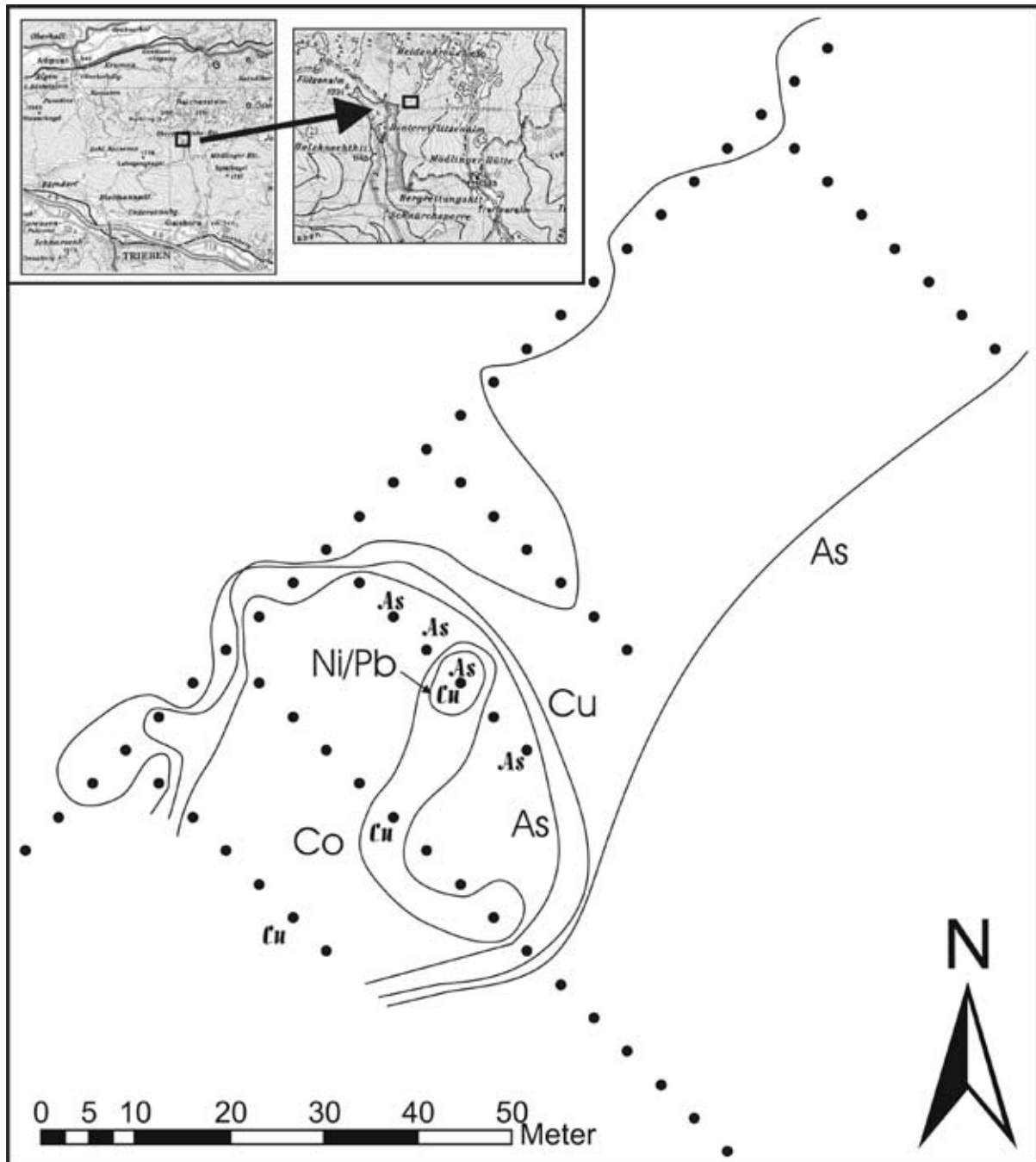


Abb. 1: Räumliche Grenzen der durch eine Häufigkeitsverteilungsmodellierung erkannten Elementpopulationen, die durch die Erosion einer geochemischen Kontamination erklärt werden können. Extremwerte in den Konzentrationen sind mit dem kursiv gesetzten Elementsymbol dargestellt. Zusätzlich ist der bergaufwärts orientierte Bereich einer Konzentrationsgruppe für As dargestellt, der durch Windverfrachtung erklärt wird.

Tabelle 2: Untersuchungsergebnisse. Koordinaten (x, y) im österreichischen Bundesmeldenetz.

ID	x	y	As	Co	Pb	Cu	Ni
1	540440	267040	6.6	18	57	130	24
2	540435	267040	43.5	17	41	337	18
3	540430	267040	17.7	22	63	485	31
4	540425	267040	11.5	11	40	68	17
5	540420	267040	8.6	16	64	42	28
6	540415	267040	4	9	27	34	17
7	540410	267040	9.5	11	23	48	24
8	540405	267040	7.3	9	28	48	19
9	540400	267040	15.1	17	49	176	22
10	540395	267040	4.7	10	30	49	17
11	540390	267040	8.2	8	43	48	18
12	540385	267040	8.1	6	35	50	16
13	540380	267040	15.4	9	33	56	20
14	540375	267040	14.7	13	33	57	22
15	540370	267040	17	16	33	71	26
16	540365	267040	9.9	12	30	64	21

17	540360	267040	3.1	16	22	57	26
18	540355	267040	14.1	7	43	62	19
19	540350	267040	17.7	21	42	87	24
20	540445	267040	6.2	12	25	75	25
21	540450	267040	17.6	23	70	209	35
22	540455	267040	9.1	15	66	133	26
23	540460	267040	8.1	18	90	104	29
24	540465	267040	8	18	67	70	28
25	540470	267040	7.3	19	62	69	30
26	540410	267045	10.2	14	50	54	25
27	540410	267050	7.6	16	29	58	28
28	540410	267055	7.6	16	36	52	26
29	540410	267060	10.5	16	24	52	23
30	540410	267065	17.4	18	40	55	27
31	540410	267070	15	20	54	51	32
32	540424	267045	49.9	25	70	160	31

Zuge der Verarbeitung der Erze (Rösten, Schmelzen) zu Verdampfungsvorgängen kommen, wobei sich dann in der unmittelbaren Umgebung des Arbeitsplatzes Sublimate bilden können. Derartige Prozesse wurden gerade in alpinen Lagerstätten ähnlichen Typs im Mittelalter und auch noch in der Neuzeit zur Gewinnung von As-Oxid (Hittrach, Hüttrauch) angewendet.

Pb und Ni spielen in diesem Zusammenhang infolge der geringen Gehalte in den Erzen und Schlacken eine nur geringe Rolle.

3. Beprobung der untersuchten Bereiche

Um die räumliche Ausbreitung der Anomalien und die Schwermetallverteilung der umweltrelevanten Elemente im Boden zu untersuchen, wurden entlang von mehreren

Profillinien mittels eines Erdbohrers Proben gezogen (siehe **Abb. 1**). Die oberste Humusschicht wurde verworfen, es wurde nur der B-Horizont des vertikalen Profils beprobt. Die so gewonnenen Proben wurden getrocknet und die Fraktion < 80 mesh (<180 µm) abgeseigt. Nach Extraktion der löslichen Metalle durch einen Aufschluss mit HNO₃ (0,5 g Probe, 10 ml HNO₃) wurden die Proben mittels eines Atomabsorptionsspektrophotometers auf die Elemente As, Cu, Pb, Zn, Ni und Co untersucht.

4. Untersuchungsergebnisse und Diskussion

Die analytischen Ergebnisse sind in **Tabelle 2** dargestellt. Durch die Untersuchung der Häufigkeitsverteilung von Umweltvariablen kann auf die Prozesse, die die

räumliche Ausbreitung dieser Variablen steuern, rückgeschlossen werden (Rantitsch, 2003, 2004). Dieser Ansatz versucht, die Prozesse bzw. verschiedene Quellen auf homogene (normal oder lognormal verteilte) Populationen zurückzuführen.

Diese Datenpopulationen werden hier durch statistisch signifikante lognormale Verteilungen repräsentiert, deren Kennwerte in **Tabelle 3** angeführt sind. In dieser Studie ergibt sich für die Elemente Co, Pb und Ni ein einziger wirkender geochemischer Prozess, für Cu zwei Prozesse und für As drei Prozesse (**Tabelle 3**). Zusätz-

Tabelle 3: Verteilungsform (VF, log = lognormale Verteilung) der modellierten Populationen (P) mit den Populationscharakteristika (mean = arithmetisches Mittel, min und max = mean ± 2 Standardabweichungen) für fünf Elemente (E), die in 65 Bodenproben analysiert wurden.

E	VF	P	min	mean	max
		1	6	8	12
As	log	2	14	17	21
		3	22	51	116
Co	log		7	18	51
Pb	log		20	49	119
Cu	log	1	39	62	97

lich können Proben erkannt werden, deren Konzentrationen mit mehr als zwei Standardabweichungen vom Populationsmittelwert abweichen und deswegen als geochemische Extremwerte angesehen werden. Die Populationen sind in **Abb. 2** dargestellt.

Die Einzelpopulationen von Co, Pb und Ni können als geogener Hintergrund interpretiert werden. Dieser variiert für Co zwischen 7 und 51 ppm, für Pb zwischen 20 und 119 ppm und für Ni zwischen 16 und 55 ppm. Die beiden Cu-Populationen können durch die Hintergrundkonzentration (39-97 ppm) und die Erosion einer geochemischen Kontamination (52-3085 ppm), die durch Konzentrationen von 3085-4068 ppm erkannt wird, erklärt werden. Diese Gruppierung zeichnet sich auch bei As mit 5-12 ppm im Hintergrund, 22-116 ppm im Erosionsbereich und 116-3440 ppm in der Anomalie ab. Zusätzlich erkennt man einen weiteren Prozess, der sich in Konzentrationen zwischen 14 und 21 ppm auswirkt.

Die Kartendarstellung (**Abb. 1**) zeigt eine annähernd kreisförmige geochemische Anomalie mit einem Durchmesser von ca. 50 m. As wird bergaufwärts mindestens 100 m weit verfrachtet. Ein äolischer Transport dieses Elementes kann daher vermutet werden. Die Zonierung legt ein relativ immobiles geochemisches Verhalten von Co, Ni und Pb nahe. Dagegen verteilen sich Cu und As über eine größere Fläche.

Vergleicht man die Elementverhältnisse von zwei Laufschlacken-Analysen aus dem unmittelbaren Anomaliebereich („Flitzen I“ in Preßlinger & Prochaska, 2002, si-

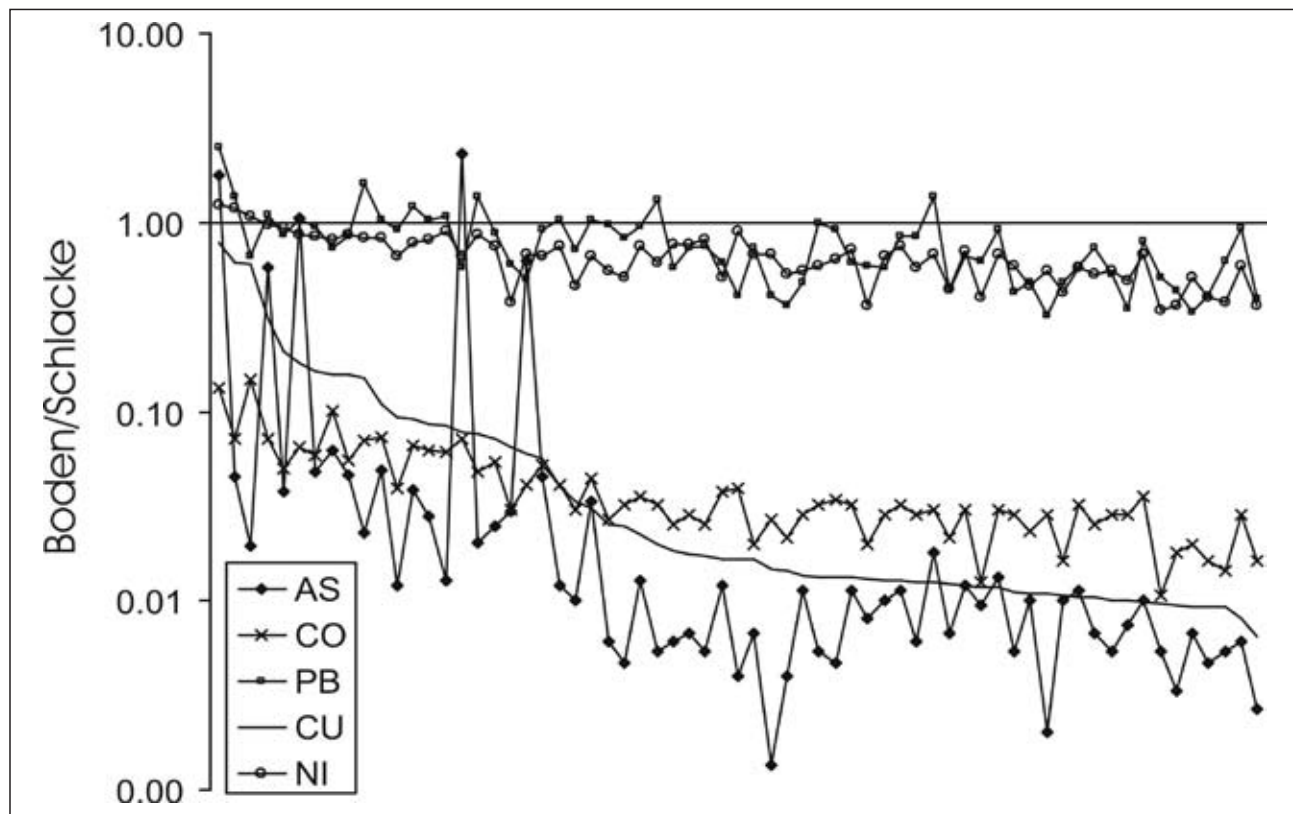


Abb. 2: Vergleich der analysierten Bodenproben (nach abnehmenden Cu-Gehalten sortiert) mit einer Schlackenprobe aus dem unmittelbaren Anomaliebereich („Flitzen I“ aus Preßlinger & Prochaska, 2002).

ehe **Tabelle 1**) mit den Elementverhältnissen der Bodenproben, so sieht man im Bereich der Anomalie eine generelle Übereinstimmung (**Abb. 2**). Dies unterstützt die Ableitung der geochemischen Anomalie von einem bronzezeitlichen Schlackenplatz.

5. Schlussfolgerungen

Die Bodengeochemie kann zur Exploration nach urzeitlichen Schmelzplätzen erfolgreich eingesetzt werden. Im Bereich der Flitzenalm kann durch die statistische Untersuchung der Verteilung von Cu und As in 65 Bodenproben eine annähernd kreisförmige Anomalie erkannt werden, die durch bodenbildende Prozesse im Einflussbereich eines Schmelzplatzes erklärt wird. In diesem Bereich verhalten sich Ni, Pb und Co relativ immobil. Die Luftverfrachtung von As durch das Schmelzen resultierte in einer As-Anomalie mit einer Ausdehnung von mehr als 100 m.

Literatur:

- HIESSLEITNER, G., Zur Geologie der erzführenden Grauwackenzone zwischen Admont-Selzthal-Liezen. – Jb. Geol. B.-A. 101, 35-79.
- PRESSLINGER, H. und PROCHASKA, W.: Chemische Analysen von bronzezeitlichen Laufschlacken. – res montanarum 28/2002, 10-14, 2002.
- PROCHASKA, W. und PRESSLINGER, H.: Palten-Liesing-Tal: Kupfererze und prähistorische Laufschlacken. Aufschlussreiche geochemische Untersuchungen. – Da schau her, 4/1989/Okttober, 9-14, 1989.
- PROCHASKA, W., MAURER, E.-M. und PRESSLINGER, H.: Die Schwermetallbelastung in der Umgebung eines urzeitlichen Kupferschmelzplatzes im Paltental. – res montanarum 28/2002, 14-17, 2002.
- RANTITSCH, G.: Statistical modeling of geochemical and environmental data by the decomposition of polypopulational data distributions. RMED'03 Robust Modeling of Environmental Data. Abstracts, 20-21, 2003.
- RANTITSCH G.: Geochemical exploration in a mountainous area by statistical modeling of polypopulational data distributions. Journal of Geochemical Exploration, in press, 2004.
- SCHLÜTER, J.: Mikroskopische und geochemische Untersuchungen an der alpinen Kieslagerstätte Walchen bei Öblarn (Steiermark, Österreich). – Unveröffentlichte Diplomarbeit, Univ. Hamburg, 1979.
- WASSERTHAL, R.: Mikroskopische und geochemische Untersuchungen an der schichtgebundenen Sulfidmineralisation bei Bärndorf (Steiermark, Österreich). – Unveröffentlichte Diplomarbeit, Univ. Hamburg, 1982.

Die mittelbronzezeitliche Fundstelle „Schlosser“ in Schwarzenbach, Stadtgemeinde Trieben

Clemens Eibner, Heidelberg

Einleitung

Die mehrjährige Untersuchung eines Schmelzplatzes, die durch das Entgegenkommen der Familie Schlosser zustande gekommen war, brachte einige erstaunliche Erkenntnisse. Die Fundstelle „Schlosser“ war beim Bau der Garage durch bronzezeitliche Kupferschlacken aufgefallen. Eine Untersuchung war vorerst nicht ins Auge gefasst worden, doch wurde von Herrn Kollegen Walach eine Prospektion durchgeführt, die eine Ausbreitung der Anomalie bis etwa 20 m südlich, d. h. bachaufwärts, in den Garten des Anwesens besaß. Die großzügige Förderung durch die Stadt Trieben ermöglichte ab 2000 die Untersuchung der Fundstelle. In mehreren Grabungskampagnen wurden unterschiedlich große Suchschnitte und im Anomalienbereich zusammenhängende Flächen untersucht. Der Standort eines Ofens konnte nicht mehr bestimmt werden, wohl aber waren ein kuchenartiger Schlackenfluss und eine Feinsedimentstratigraphie zu beobachten, in der eine nasse Aufbereitung der Schlacke stattfand, wobei die rhythmische Korngrößenverteilung in einer lehmigen, blättrigen Struktur auffiel.

Schwierigkeiten bereitet die Interpretation insofern, als die gesamte Fundstelle in Bachnähe liegt und daher größere Geschiebeblöcke naturgemäß in dem lehmig-sandigen Boden zu erwarten sind. Da aber zwischengeschaltet in den Straten urzeitliche Keramik eingeschlossen war, ist es naheliegend, in diesen Blöcken nicht eine zufällige Verteilung von Gestein und Geröll zu sehen.

Es fehlen auch alle Hinweise auf einen Transport von Keramikbruch und Schlackenstücken wie Verrundungen, die bei umgelagerten Stücken aus Bachsedimenten wohl bekannt sind. So ist es naheliegender, von hölzernen Siedlungsobjekten in Blockbautechnik auszugehen. Zur Isolierung werden dabei bis zum heutigen Tag größere Geschiebeblöcke verwendet, die den Sinn haben, Niveauunterschiede auszugleichen und das Holz im Basisbereich vor der Verrottung zu schützen. Da in situ liegender feuergeröteter Lehm, umgelagerter Brandschutt und Schichten mit Holzkohleeinschlüssen in der rund 6 m im Durchmesser messenden Anomalie aufgetreten sind, besteht kein Zweifel, dass die Fundstelle sowohl eine nachfolgende Siedlung als auch eine Verhüttungsaktivität von Kupfererzen aufweist.

Der Fehlerzyp bewirkte dabei eine gesonderte, nasse Behandlung der Schlacken und Zwischenprodukte, die nicht zu der sonst nachgewiesenen, typischen Sandschlacke führte. Der Hinweis auf den Einsatz von einem Düsenrohr, wie er auch sonst für die Blasbälge an den Schmelzplätzen der Spätbronzezeit auftritt, ergibt im Verein mit recht großen Schlackenklötzen die Notwendigkeit, dass von niedrigen Ofenschächten auszugehen ist.

Leider ist das Nachbargrundstück im Westen unkontrolliert vor dem Bau der Garage im Schlosserschen Anwesen abgebaggert worden; dadurch lässt sich heute nicht mehr bestimmen, ob vielleicht die Hauptaktivität bachnäher lag. Faktum bleibt, dass Keramik umgelagert sein