

ARCHÄOLOGISCHE UND TECHNOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR EISENVERHÜTTUNG UND VERARBEITUNG IN DER AWARISCHEN SIEDLUNG VON ZILLINGTAL

Die Siedlung	207	Zusammenfassung	226
Awarenzeitliche Befunde	211	Anhang 1	229
Untersuchungsergebnisse	221	Literatur	232

Der vorliegende Beitrag¹ beschäftigt sich mit den Siedlungsresten und Werkstattbefunden der awarischen Siedlung Zillingtal. Neben Fragen zur chronologischen Stellung der Werkstattbefunde innerhalb der Siedlung² steht auch die Rekonstruktion der hütten- und schmiedetechnischen Prozesse im Vordergrund. Das Fundmaterial wurde nach diesen Gesichtspunkten analysiert und geordnet. Als Basis für weitere Schlussfolgerungen wurde die Anzahl der durchgeführten Rennprozesse ermittelt und die Lage der Rennöfen innerhalb der Siedlung untersucht.

DIE SIEDLUNG

Siedlungsbefunde

Die awarische Siedlung³ wurde am Westhang einer Anhöhe (**Abb. 1**) angelegt. Dadurch konnte das am gegenüberliegenden Hang situierte Gräberfeld eingesehen werden. Falko Daim⁴ schreibt, dass durch diese Anordnung bei Sonnenaufgang das Gräberfeld beleuchtet wurde, während bei Sonnenuntergang die Sonne hinter dem Gräberfeld steht.

In den Jahren 1992 und 1993 wurde durch die Fa. ArchaeoProspections eine geophysikalische Prospektion⁵ des Geländes durchgeführt. Ihr Ziel war die Auffindung und Bestimmung des Siedlungsareals. Neben verschiedenen Siedlungsstrukturen erkannte man im südlichen Bereich der Siedlung eine Konzen-

¹ Dieser Beitrag ist die gekürzte Version eines Untersuchungsberichtes zu den metallurgischen Überresten der Siedlung Zillingtal aus dem Jahr 2004. Seitdem erschienene Publikationen konnten leider nur in wenigen Ausnahmefällen berücksichtigt werden. Auch stand dem Autor nur die Dissertationschrift von Hajnalka Herold zur Verfügung; das Manuskript zu diesem Buch blieb ihm unzugänglich. Daraus resultierende mögliche Unterschiede oder Überschneidungen innerhalb des Buches mögen sich dadurch erklären. Der Autor bittet dies zu entschuldigen. Falko Daim, durch dessen Vermittlung es möglich wurde, die Beiträge dieses Buches zueinander in Bezug zu setzen, sei an dieser Stelle herzlichst gedankt.

Ebenso sei Michael Götzinger, Ernst Pernicka, Susanne Greiff, Albert Schedl, Gabriele Gatterer und Michael Schäfer für ihre Hilfe gedankt.

² Detaillierte Angaben zu Fundort und Fundgeschichte finden sich im Kapitel »Die Ausgrabungen in Zillingtal« S. 1-7.

³ Daim / Distelberger 1996, 372-374. Die Funde und Befunde der awarenzeitlichen Siedlung von Zillingtal sowie deren Fundgeschichte werden detailliert von H. Herold S. 5. besprochen. Eine Übersicht der awarenzeitlichen Befunde und ihrer relativchronologischen Einordnung bietet Abb. 2.

⁴ Daim 1991, 321.

⁵ Melichar / Neubauer 1993, 3.

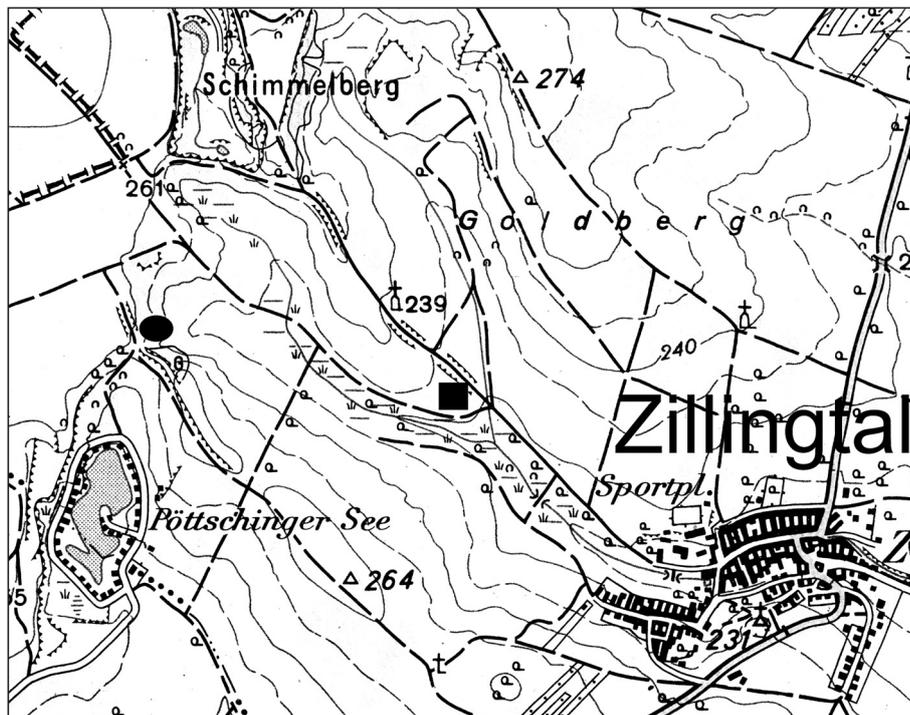


Abb. 1 Zillingtal. Lage von Gräberfeld und Siedlung (● Gräberfeld, ■ Siedlung). Westlich von Zillingtal (Raum Zillingdorf/Neufeld/Pötsching) liegt das Tagebaugebiet des ehemaligen Pötschinger Braunkohlebergbaus, dieses befand sich jedoch größtenteils auf Zillingtaler Gemeindegebiet (Ausschnitt aus der ÖK 77).

tration starker Anomalien. Die Interpretation wies diese als Gruben und thermoremanent magnetisierte Bereiche aus.

Daraufhin wurde im Jahr 1993 eine erste Testgrabung⁶ mit insgesamt 7 Quadranten im Bereich der vermuteten Siedlung⁷ durchgeführt, die u.a. auch erste awarenzeitliche Befunde (Pfostenlöcher, Gruben) erbrachte. Während der darauf folgenden Grabungssaisonen wurden sowohl Bereiche einer kaiserzeitlichen Villa wie auch der awarenzeitlichen Siedlung erfasst.

Am Nordostrand der im Jahr 1994 untersuchten Fläche wurde ein Bereich mit teilweise dicht nebeneinander liegenden Gruben aufgedeckt. Das daran anschließende südöstliche Areal konnte im darauf folgenden Jahr auf einer Länge von 40 m und einer Breite von 4 m ausgegraben werden. Hier fand sich eine große Anzahl an Objekten, die nebeneinander lagen oder sich teilweise überschneiden. Wie bereits zuvor im südwestlichen und westlichen Bereich ergaben sich auch hier Hinweise auf oberflächliche Ständerbauten. Im Befund sticht eine Gruppe einander sehr ähnlicher Gruben (**Abb. 2**) heraus, die durch ihre Lage und ihr Fundmaterial miteinander verbunden werden können. Die Gruben besitzen eine runde, im Vergleich zu ihrer Tiefe, relativ enge Mündung mit senkrechten Wänden, haben aber meistens keine ebene Sohle und waren mit Keramikmaterial, Eisenverhüttungs- und -verarbeitungsresten gefüllt, vornehmlich Schlacken und Tondüsen⁸.

1995 wurde der Bereich einer römischen Villa freigelegt, um die stratigraphische Situation der römischen und frühmittelalterlichen Besiedlung zu klären. So konnte eine frühmittelalterliche Bebauung durch Pfostenbauten direkt am Platz der römischen Villa nachgewiesen werden. Es ließen sich einige verstreute Pfostenlöcher, die in die römischen Estriche schneiden, sowie eine Reihe von drei Pfostenlöchern erkennen. Eines der Pfostenlöcher enthielt neben frühmittelalterlicher Keramik auch Schlacke.

⁶ Daim / Distelberger 1994, 615.

⁷ Die bereits durchgeführten Feldbegehungen ließen ebenfalls die Siedlung in diesem Bereich erahnen: Schmidt 1997, 248.

⁸ Eine Auswahl wurde bei der Ausstellung Hunnen und Awaren gezeigt: Daim / Distelberger 1996, 377 Abb. 5.340. 5.341.

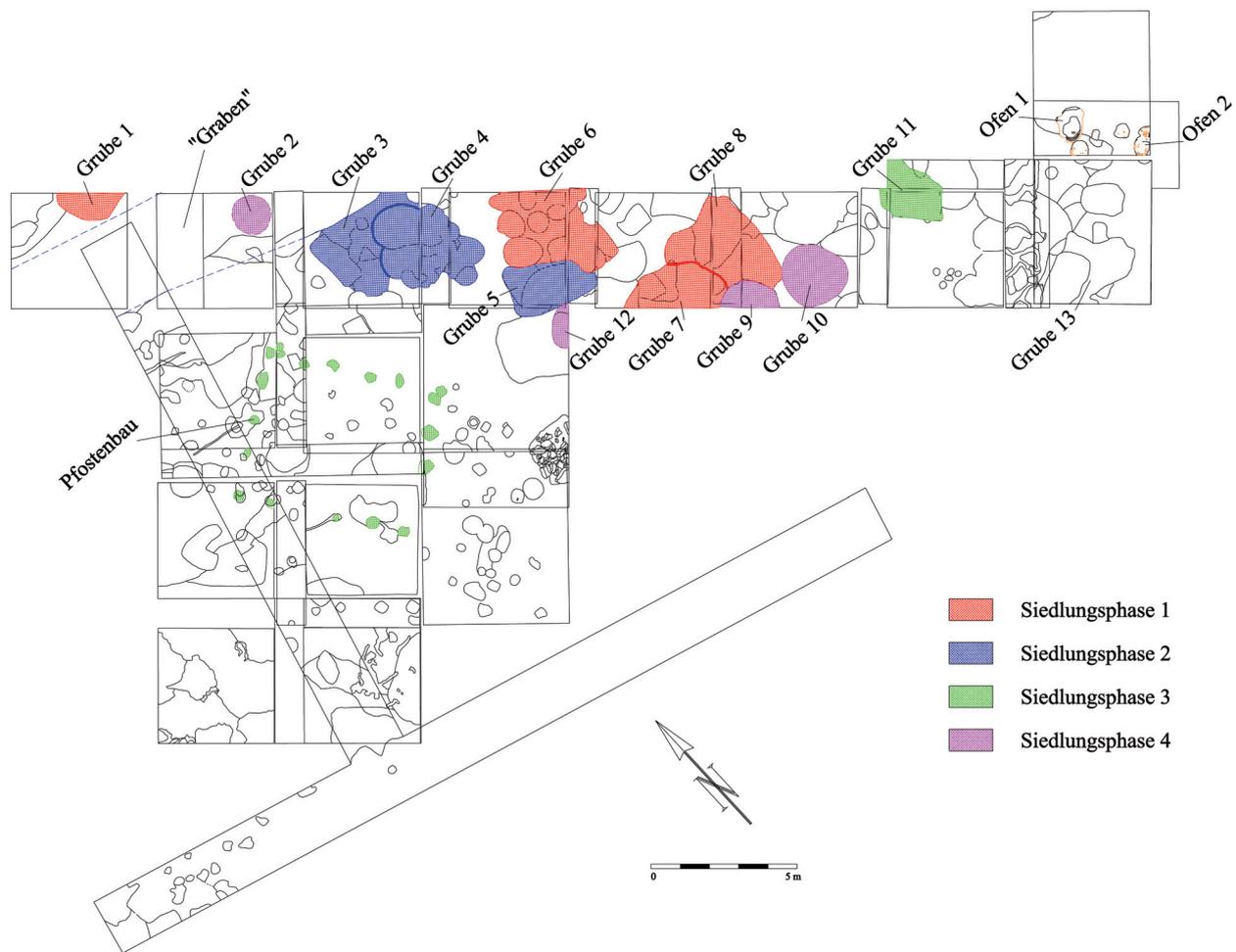


Abb. 2 Zillingtal. Übersichtsplan der Siedlungsgrabung 1994-1997, die awarenzeitlichen Siedlungsobjekte sind farbig hervorgehoben (nach Herold).

Diese Ergebnisse belegen, dass während des Frühmittelalters an der Stelle der kaiserzeitlichen Siedlung awarische Bauten entstanden, die aber in ihrer Ausrichtung keinen Zusammenhang mit vielleicht noch sichtbaren älteren Gebäuderesten erkennen lassen. Die Ausgrabungen der in Ungarn gelegenen awarischen Siedlungen von Eperjes⁹ und Dunaújváros¹⁰ Magyaratád-Kéri határra dűlő und Ravazd-Simahegy zeigen ähnliche Befunde. So schreibt Istvan Bona, dass die nahe der awarischen Siedlung von Dunaújváros gelegenen römischen Ruinen als Stein und Ziegelquelle zum Bau von Öfen verwendet wurden. Miklós Takács¹¹ nimmt ebenfalls an, dass die als Baumaterial verwendeten Sandsteinplatten der Öfen in der awarischen Siedlung von Lébény-Kaszás-domb aus dem Bereich einer in der Nähe gelegenen römischen Ruine stammen.

Die innere Chronologie der awarischen Befunde

Basierend auf der Typologie der im Gräberfeld und der Siedlung gefundenen Keramik sowie auf den Ergebnissen der naturwissenschaftlichen Untersuchungen hat Hajnalka Herold eine Gliederung der kera-

⁹ Balint 1991, 159.

¹⁰ Bona, 1973.

¹¹ Takács 1996, 380.

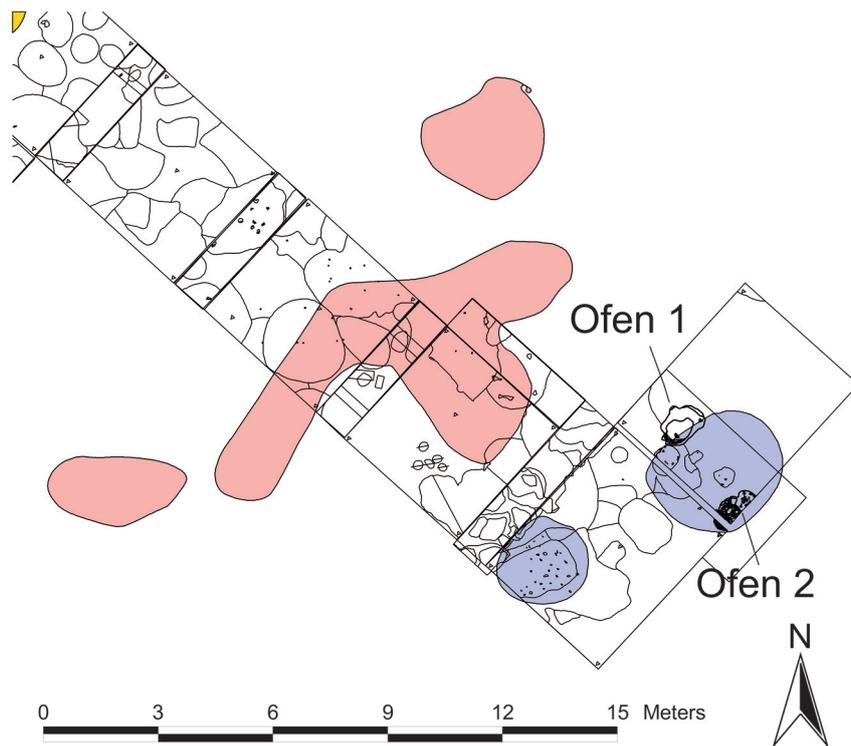


Abb. 3 Dokumentationsniveau 3 der Ausgrabung von 1997 kombiniert mit der Interpretation der geophysikalischen Prospektion, Anomalien sind eingefärbt (rot: Gruben, blau: thermoremanent magnetisierte Bereiche) und zeigen eine räumliche Übereinstimmung zwischen den Rennöfen 1 und 2, der Schlackengrube 13 und der Interpretation.

mischen Funde der Fundstelle Zillingtal vorgenommen¹². Durch Ordnen der Keramik nach verschiedenen Kriterien wie Produktionsart – langsam gedrehte Ware (LG) und handgeformte Ware (HG) – oder der verwendeten Rohmaterialien zu chronologisch relevanten Gruppen gelang es ihr, vier Gruppen zu scheiden, die aufeinander folgenden Siedlungsphasen¹³ (Abb. 2) entsprechen. Insgesamt konnte sie 13 Gruben mit awarenzeitlichen Füllschichten auswerten.

Nach Herold sind die Gruben 1, 6, 7 und 8 der ersten Siedlungsphase zuzuweisen. In ihnen wurde vor allem Keramik der handgeformten Gruppe (HG) bzw. der langsam gedrehten Gruppe LG 1 gefunden. In den zur Siedlungsphase 2 gehörenden Gruben 3, 4 und 5 herrscht die Keramik der handgeformten Gruppe noch vor, allerdings treten die Gruppen LG 1, LG 2 und LG 3 bereits verstärkt auf. Die Siedlungsphase 3 umfasst die Grube 11 sowie die Verfüllungen der zu einem Pfostenbau gehörenden Pfostenlöcher. Die Gruppierung der Keramik ähnelt der der Siedlungsphase 2, nur dass der Anteil der Gruppe LG 1 etwas geringer ist. Die Gruben 2, 9, 10, 12 lassen sich der Siedlungsphase 4 zuweisen, in ihr kommen die höchsten Anteile der Gruppe LG 2 und LG 3 vor.

Von dieser Gliederung ausgehend hat H. Herold die in Zillingtal freigelegten Gruben unter Vorbehalt in die Zeit von MA-II-SpätA II datiert, wobei die Siedlungsphase 1 in die Zeitspanne von MA-II-SpätA I datiert wird (die Gruben 7 und 8 sind früher, die Gruben 1 und 6 etwas später anzusetzen). Die Siedlungsphase 2 kann zeitlich mit der Grenze von SpätA I zu SpätA II parallelisiert werden. Die dritte Siedlungsphase dürfte an den Anfang der SpA II zu setzen sein, während die Siedlungsphase 4 an den Schluss der Spätawarenzeit II zu stellen ist¹⁴. In der Grube 13 in Quadrant 1213 wurden nur wenige Scherben gefunden. Sie werden von Herold der Gruppe LG1 zugewiesen und können nur als *terminus post quem* angesehen werden. Das auf der

¹² Vergleiche hierzu S. 9ff.

¹³ H. Herold möchte diesen Begriff als Hilfsmittel für den Ausdruck chronologischer Unterschiede verstanden wissen, weniger sol-

len damit zeitlich gut trennbare Phasen der Benützung des Areals ausgedrückt werden: s. S. 101 Anm. 125.

¹⁴ Vergleiche hierzu S. 184 Tab. 13; 106.

Füllschicht von Ofen 3 liegende Keramikfragment wurde von ihr als LG 3 Scherbe angesprochen und eingeordnet.

Befunde zur Eisenverhüttung

Am Ende der Grabungskampagne 1995 wurden noch die Quadranten 1212/1213 und 1313 geöffnet, um die in der magnetischen Prospektion als thermoremanent magnetisiert gekennzeichneten Bereiche¹⁵ (**Abb. 3; Taf. 221, 1-2**) zu untersuchen. Die Ausgräber Falko Daim und Anton Distelberger konnten diese als Überreste eines Eisenverhüttungs- bzw. -verarbeitungsplatzes identifizieren, der mit aller Vorsicht in die Spätawarenzeit (**Abb. 4**) datiert wurde¹⁶. In dem ca. 7×5 m großen Schnitt wurden nach dem Abtragen des Humus im nördlichen Teil die Überreste zweier Rennöfen mit annähernd kreisrundem Grundriss (**Taf. 222, 1; 224, 4**) freigelegt¹⁷. Leider waren nur noch die Ofensohle und Teile der aufgehenden Ofenwand erhalten.

AWARENZEITLICHE BEFUNDE

Rennofen 1

Die zerstörten Reste von Ofen 1, nordwestlich im Schnitt (**Abb. 5**) gelegen, weisen eine maximale Länge von 1,10 m (**Taf. 222, 2-3**) und eine maximale Breite von 0,83 m auf; der unregelmäßige innere Durchmesser beträgt 0,37-0,47 m. Die messbare Tiefe der Ofengrube reicht von 0,15-0,20 m, wobei sich diese Werte auf die Differenz zwischen dem tiefsten Bereich der Grube und der vorhandenen Lößoberkante beziehen. Aufgrund des schlechten Erhaltungszustandes ließen sich jedoch die ursprünglichen Abmessungen des Rennofens nicht mehr genau ermitteln. Die mit der leichten Hanglage der Siedlung einhergehende Erosion sowie die über lange Zeit erfolgte Beackerung des Areals legen nahe, dass es sich bei den oben angeführten Messwerten für die Tiefe um Minimalwerte handelt.

Während der Ausgrabung konnte noch ca. die Hälfte der Ofenwand *in situ* festgestellt, dokumentiert und geborgen werden. Sie besteht aus durch Hitze einwirkung rotbraun gebranntem Lehm oder Löß mit gelben Einschlüssen, ihre noch feststellbare Stärke beträgt zwischen 0,14-0,25 m, die Höhe ca. 0,15 m. Weder für das Vorhandensein noch für die Lage einer etwaigen Arbeits- oder Abstichöffnung gab es eindeutige Hinweise, jedoch wäre es möglich, das Fehlen der Ofenwand und das Ausreißen bzw. das nicht Existieren der Schichten (**Taf. 222, 4-5**) an der Nordostseite als Anzeichen für eine Arbeitsöffnung zu werten. Die gegenüberliegenden Schichten im Ofen konnten relativ klar von der Ofenwand getrennt werden. Die Füllungs- und Zerstörungsschichten enthielten Schlackenstücke, Ofenwandfragmente (**Taf. 223, 1-2**) und die Hälfte einer längs zerbrochenen Düse (Fnr. 627/97). Ein Schlackestück (Fnr. 628/97) und das

¹⁵ Melichar / Neubauer 1993, 3.

¹⁶ Die Harris-Matrix sowie die Erstellung der Schichtabfolgen konnte dankenswerterweise durch die tatkräftige Hilfe des Ausgräber Christian Stöckl rekonstruiert werden. Ihm sei an dieser Stelle gedankt.

¹⁷ Daim / Distelberger 1994, 615. Die Freilegung wurde auf die

Grabungskampagne 1997 verschoben und von Winfried Kunz und Christian Stöckl durchgeführt, die schon Erfahrung in der Dokumentation von Hüttenplätzen und Schmelzöfen hatten. Die Befunde wurden dabei nach der stratigraphischen Methode ausgegraben.

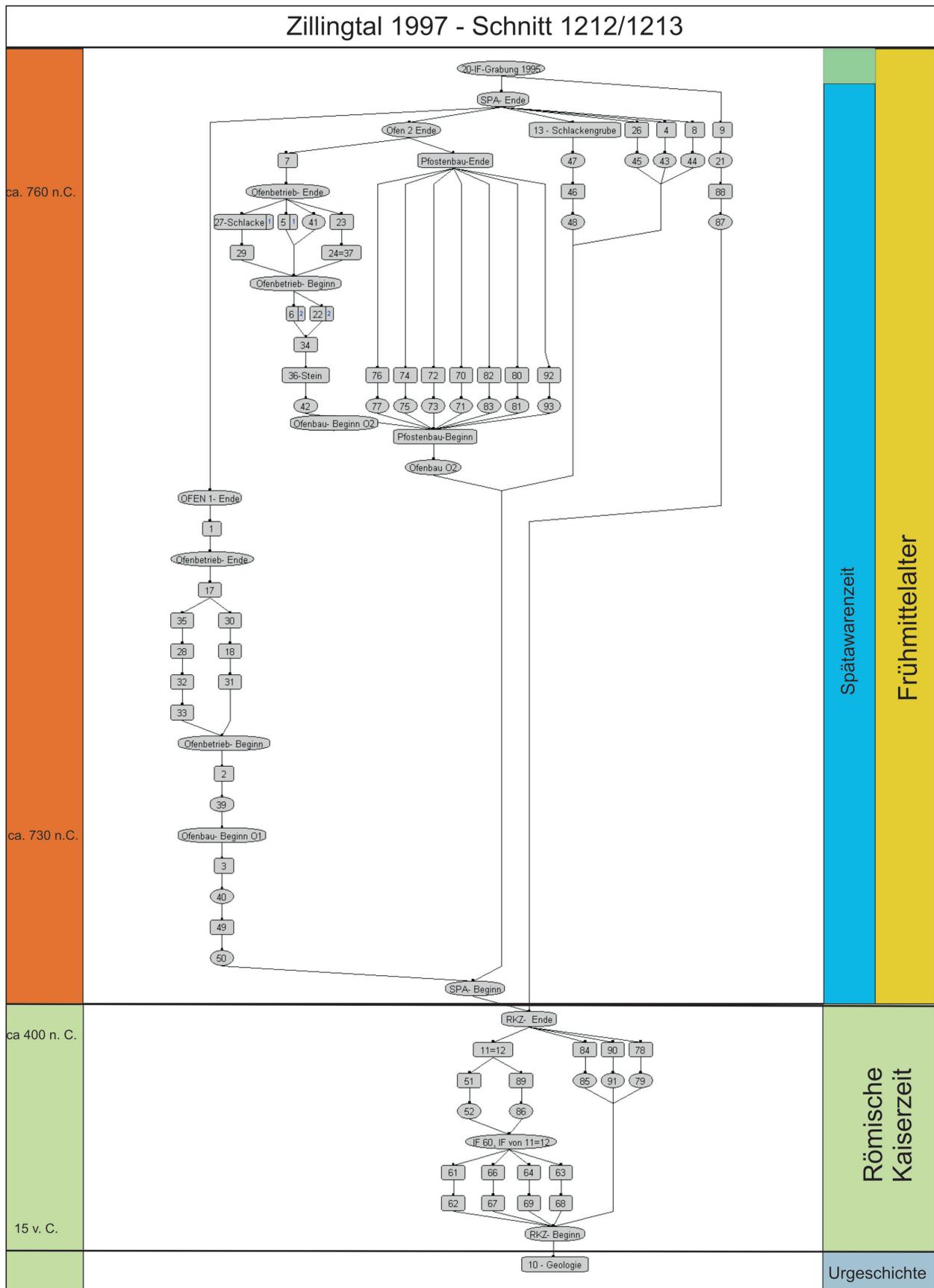
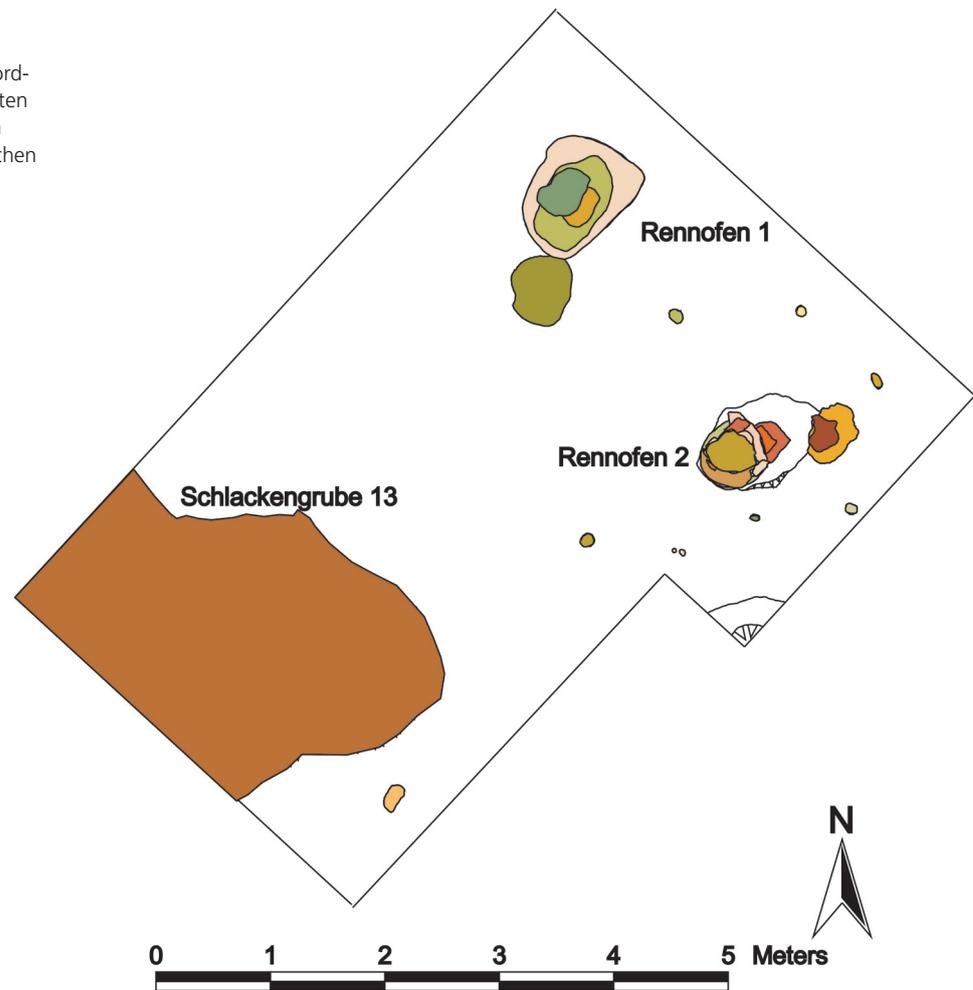


Abb. 4 Schichtfolgmatrix der Stratigraphie zu Schnitt 1212/1213.

Abb. 5 Schnitt 1212/1213, awarenzeitliche Befunde, Grabungsjahr 1997. In der nordwestlichen Ecke des Quadranten Rennofen 1, südöstlich davon Rennofen 2, in der südwestlichen Ecke Schlackengrube 13.



Düsenfragment fanden sich freiliegend auf dem Boden. Ihre Lage und Orientierung lässt keinen Schluss auf die Anordnung der Düsen während des Ofenbetriebs zu.

Der Befund von Ofen 1 lässt erkennen, dass er mehrfach verwendet wurde; darauf deuten sowohl das Ausräumen des Schlackenklotzes aus dem Ofeninneren wie auch das Vorhandensein einer Arbeitsöffnung hin. Wäre er nur einmal verwendet worden, müsste sich in seinem Inneren eine Ofenschlacke finden, wie z. B. in Ofen 2, dessen Ofengrube nach der letzten Ofenreise nicht mehr ausgeräumt wurde. Wahrscheinlich hatte man erst nach dem Entfernen der Schlacke erkannt, dass der Ofen 1 zur weiteren Verwendung nicht mehr geeignet war, möglicherweise weil die während des Betriebs auftretenden Belastungen für das Ofengestell (abschmelzende Ofenwand etc.) einen erfolgreichen Betrieb nicht mehr zugelassen hätten. Die geborgenen Schichtproben bestehen aus gebranntem und leicht verschlacktem Lehm, es ist keine verschlackte Ofenwand wie bei Ofen 2 – Fnr. 588/97 – zu erkennen. Vor dem Ofen befand sich eine in den darunter liegenden Boden eingetiefte ovale Grube (Taf. 222, 1-3; 223, 3; 226, 3) mit einer Größe von 0,53×0,60 m, deren Sohle durch Hitzeeinwirkung stark schwarz verfärbt war. Ein Zusammenhang mit Ofen 1 ist unwahrscheinlich, da dieser die Grube eindeutig überlagert und somit jünger ist. Außerdem befindet sich die angenommene Arbeitsöffnung von Ofen 1 auf der gegenüberliegenden, nördlichen Seite, weshalb eine Funktion als Arbeitsgrube ausgeschlossen werden kann. Es könnte sich aber um die Reste eines älteren Herdes oder Ofens handeln.

Rennofen 2

Der östlich von Ofen 1 gelegene Rennofen 2 hat einen kreisförmigen Grundriss mit Außenabmessungen von 0,60 m Länge und 0,56 m Breite. Die noch messbare Dimension der Ofengrube beträgt zwischen 0,40-0,45 m bei einer Tiefe von 0,11-0,15 m. Ofen 2 weist eine ähnliche Bauweise wie Ofen 1 auf. Zuerst hat man eine Arbeitsfläche (1,16×0,76 m) angelegt und an deren südlichem Ende eine Grube (**Taf. 224, 1**) eingetieft. Anschließend wurde ein 0,20×0,24 m großer Stein (**Taf. 225, 4-5**) als Fundament oder Arbeitsebene vor die geplante Arbeitsöffnung gesetzt und der Ofen aus Lehm aufgebaut (**Taf. 224, 2-3**). Die Wandstärke betrug 0,13-0,16 m. Der Befund lässt im Bereich der Steinsetzung ebenfalls ein Ausreißen der Schichten erkennen. An der gegenüberliegenden Seite sind sowohl Ofenwand wie auch verschlackte Ofenwandreste festzustellen. Aus diesem Befund ergeben sich Lage und Orientierung der Arbeitsöffnung, außerdem muss Ofen 2 mehrmals betrieben worden sein. Danach wurde der Ofen aufgelassen, so dass es nach einiger Zeit zum Versturz des Ofenschachtes (**Taf. 224, 2**) nach Norden kam. Dieser Ofenwandversturz besteht u.a. aus Schlacke oder aufgeschmolzener Ofenwand, in ihm wurde ein Keramikfragment (Nr. 619/97) gefunden. Kreisförmig um den Ofen herum liegen sechs Pfostenlöcher (**Abb. 5; Taf. 225, 1**) mit unregelmäßigen Durchmessern von 0,11-0,14 m, vermutlich die Reste einer leichten Dachkonstruktion¹⁸. Da zwei dieser Pfostenlöcher Schlackenreste enthielten, dürfte der Ofen 2 etwas jünger sein als Ofen 1. Bei der aus Ofen 2 geborgene Schlacke (Fnr. 588/97) handelt es sich um den Rest des letzten Arbeitsprozesses (**Taf. 233**). Die Abmessungen des Schlackenklotzes betragen 0,45×0,36 m bei einer Höhe von max. 0,15 m und einem Gewicht von 4,565 kg. An seiner Unterseite sind stellenweise die Reste von Gras- oder Strohabdrücken¹⁹ zu erkennen, darüber Holzkohle- und Fliesstrukturen. Die Oberseite weist Abdrücke von Holz oder Holzkohle auf und zeigt Fliesstrukturen sowie blasige Strukturen. Im Befund umgab den Schlackenklotz an seiner Unterseite eine ringförmig angeordnete Schlacke (**Taf. 233**), die an ihrer Ober- wie auch teilweise an ihrer Unterseite Gras oder Strohabdrücke zeigt. Weiters hafteten Bruchstücke der Ofenwandung an.

Die Schlackengruben

Die Gesamtmenge der in den Quadranten 1212/1213 geborgenen Schlacke liegt bei 93,81 kg. Meistens handelt es sich um dunkel kristalline Stücke.

Im südlichen Teil des Schnittes, im Quadrant 1213, konnte die Grube 13 (**Taf. 225, 2; 226, 1-2**) aufgedeckt werden, die neben 50,43 kg Schlacke auch Tondüsenfragmente (**Taf. 227-230**) und verschiedene Keramikbruchstücke enthielt. Es handelt sich um eine Grube mit unregelmäßigem rechteckigem Umriss mit Abmessungen von max. 3,3×2,3 m. Da sie jedoch im Schnitt nur teilweise erfasst wurde, ist mit einer größeren Ausdehnung zu rechnen. Ihre größte Tiefe betrug 0,84 m. Diese Grube mit flachem Boden überlagerte eine weitere Grube, in der sich umgelagerte Keramik²⁰ der römischen Kaiserzeit fand. Aus ihr wurden vier komplette Schlackenstücke und verschiedene Schlackenreste geborgen. Weiters ergab sich bei genauer Durchsicht des Fundmaterials, dass ein nicht unbeträchtlicher Anteil davon aus Ofenwandfragmenten oder aufgeschmolzener Ofenwand bestand.

¹⁸ Während der Ausgrabung eines Verhüttungsplatzes in Zamárdi/ Ungarn konnte eine Dachkonstruktion (über einem Röstbett) nachgewiesen werden: Gömöri 1999b, 151. Ebenso lässt sich für die Verhüttungsplätze von Dénesfa, Szikas-Dűlő und Iván ein Überbau vermuten: Gömöri 2000b, 317 Fig. 18.

¹⁹ H. Jöns beschreibt für den kaiserzeitlichen Verhüttungsplatz von Schuby und Süderschmedeby Schlackenklötze, die an ihrer Unterseite ebenfalls Strohabdrücke aufweisen: Jöns 1999, 67-81.

²⁰ Die Aufarbeitung der kaiserzeitlichen Funde erfolgt durch Mag^a. Sabine Jäger-Wersonig, Institut für Klassische Archäologie Wien.

In der nordöstlichen Ecke von Erweiterung 1313 wurde eine weitere kleine Grube angeschnitten, die 3,414 kg Schlacke enthielt.

Interpretation

Die beschriebenen Rennöfen weisen sowohl Charakteristika von Schlackengruben- wie auch von Schlackenabstichöfen auf. Einerseits ist der im Ofenraum des Ofens 2 gefundene Schlackenklotz ein Charakteristikum der Schlackengrubenöfen, andererseits kann für beide Öfen eine Arbeitsöffnung zur Entnahme der Luppe und der Schlacken angenommen werden: ein Charakteristikum für Abstichöfen. Orientiert man sich an den von János Gömöri vorgestellten Befunden²¹, so dürften die Rennöfen aus einem sich leicht nach oben hin verjüngenden Schacht mit ca. 0,8 m Höhe bestanden haben, der Durchmesser der Ofengrube betrug 0,37-0,47 m, der der oberen Öffnung ca. 0,2-0,4 m. Ebenso muss festgestellt werden, dass im Fundmaterial ausgeprägte Schlackenklötze wie auch größere Mengen an Laufschlacke fehlen. Die Ausrichtung der Abstichöffnungen beider Öfen nach Norden belegt deren ähnliche Bauweise und damit deren engeren zeitlichen Zusammenhang. An Hand der Pfostenlöcher, die Ofen 2 umgeben, lässt sich ein leichter Überbau rekonstruieren, der vor der Witterung schützen sollte.

Die seit den 1950er Jahren begonnenen intensiven archäologischen Forschungen zur Eisenverarbeitung und Eisenverhüttung in Ungarn, der Tschechoslowakei, Polen und dem Burgenland wurden vor allem durch János Gömöri²² und der Arbeitskommission für Industriearchäologie – Veszprém, Radomir Pleiner²³, Kazimierz Bielenin²⁴ sowie durch Karl Kaus und Gerhard Sperl²⁵ geprägt. In seinen zusammenfassenden Arbeiten zur früh- und hochmittelalterlichen »Eisenindustrie« in Ungarn beschreibt Gömöri die durch Funde oder Befunde in diesen Zusammenhang gehörenden Fundplätze. Basierend auf den Ausgrabungen der letzten Jahrzehnte hat er eine »Typologie« der Rennöfen erarbeitet, die in entsprechender chronologischen Abfolge zueinander stehen. So konnte er unter den Verhüttungswerkstätten²⁶ vier Gruppen herausarbeiten, die im Folgenden kurz vorgestellt werden sollen:

1. Die früheste Gruppe umfasst nach Gömöri »Rennöfen vom Awarischen Typus«. Der Ofenschacht ist aus Lehm aufgebaut und besitzt eine in den Boden eingetiefte Herdgrube. Meistens wurden sie am Rand von awarischen Siedlungen gefunden und zeigen kein einheitliches Verteilungs- oder Anordnungsmuster. Als charakteristisch sieht Gömöri die Öfen von Tarjánpuszta- Vasasföld²⁷, Zarmárd-Kútvölgy²⁸ und Alsóbogát²⁹ an. Diesem Rennofentyp lassen sich auch die Befunde von Sopron-Potzmann Dűlő, Kovácsi³⁰ und Magyaratád-Kéri határra dűlő, Pörössűrű³¹ zuordnen. Eine besondere Bedeutung nimmt für ihn dabei Zamárdi ein, der einzige Fundplatz südlich des Balaton, der gesichert ins 7. und 8. Jahrhundert datiert werden kann. Hier wurden die für einen Rennprozess typischen Funde gemacht, etwa Düsen und Schlacken. Der innere Durchmesser eines solchen leicht eingetieften Ofens beträgt ca. 0,3-0,4 m, die Schachthöhe 0,7-0,8 m und der Gichtdurchmesser 0,15-0,2 m. Davor befindet sich eine

²¹ Gömöri, 2000.

²² Gömöri 1975, 83-99; 1977/78, 109-158; 1980; 1989; 1999b, 149-159; 2000a; 2000b; Vastagh 1972, 241-260; Novaki 1966, 163-198; 1969, 299-331.

²³ Pleiner 1958; 1983, 63; 2000b; Souchopová, 1987, 333; Pleiner 1962; 1967, 77-188; 1975, 79-93; 1982, 79-180; 2000a 27-35.

²⁴ Bielenin 1976, 13-27; 1977, 127-146; 1991, 7-15; 1994, 255-260; 1998/99, 79-95.

²⁵ Sperl 1985, 410-416; 1988, 263-265; 1982.

²⁶ Gömöri 1989, 126.

²⁷ Gömöri 2000a, 216; 2000b, 185 Nr. 325.

²⁸ Gömöri 1999b, 150; 2000a, 217; 2000b, 210 Nr. 376.

²⁹ Kóltó 1999, 199.

³⁰ Gömöri 1999a, 179; 2000b, 173, Nr. 272.

³¹ Gömöri 2000a, 217; 2000b, 102 Nr. 183.

Ofengrube mit einer Ausdehnung von ca. 0,9×1,2 m. Die Öfen waren außerdem von teilweise rot, teilweise grau gebrannten Gruben umgeben, die Holzkohle, Erzstücken und Schlacken enthielten.

2. Die zweite Gruppe – Öfen vom Fundplatz Nemeskér-Rétrejárom alja³² – sieht János Gömöri bereits nicht mehr als typisch awarisch an, sie stehen seiner Ansicht nach aber wegen ihrer Konstruktionsart in awarischer Tradition und stammen aus dem 9.-10. Jahrhundert. Dieser ebenfalls aus Lehm gebaute Typ wird als Ofen mit freistehendem Schacht rekonstruiert. Der lichte Durchmesser der Ofenbasis lag bei ca. 0,3-0,4 m, die Höhe des darüber aufgebauten Schachts lässt sich mit 0,7-0,8 m rekonstruieren. Die Abmessung der in die Ofenbrust eingesetzten Düsenziegel gibt er mit ca. 0,3 m an, die gefundenen Düsen deuten auf einen Betrieb mit Doppelblasebälgen hin. Vor den Öfen lässt sich eine seicht eingetiefte Ofengrube feststellen. Weitere Öfen dieses Typs wurden nach Gömöri auf den Fundstellen von Harkakányaszurdok³³, Tömörd und Radvazd-Simahegy³⁴ gefunden.
3. Die dritte Gruppe umfasst Öfen vom Typ »Imola«, die am gleichnamigen Fundort³⁵ in Ostungarn ausgegraben wurden. Sie werden allgemein ins 11.-12. Jahrhundert datiert. Charakteristisch für diesen Typ ist, dass er nicht als freistehender Ofen aufgebaut, sondern in die Wand einer ca. 0,5-0,8 m tiefen und mehrere Meter messenden Arbeitsgrube eingebaut wurde. Der durchschnittliche Durchmesser dieser Rennöfen betrug an der Basis 0,3-0,4 m, sie hatten eine Höhe von 0,7 m. Die Ofenbrust verschloss ein Düsenziegel mit eingebauter Düse.
4. Die vierte Gruppe stellen Öfen vom »Vasvár Typus« dar, die bis jetzt nur in Westungarn gefunden wurden, so z.B. in Vasvár, Köszegfalva und Ólmod-Ólmodi-patak³⁶ – alle drei Orte im Komitat Vas gelegen. Diese Öfen besitzen eine eckige Grundfläche mit Innenabmessungen zwischen 0,4-0,49 m. Sie weisen keine Öffnung an der Ofenbrust auf, sondern es lässt sich nur ein Schlackenkanal erkennen, aus dem die Schlacke herausfließen konnte. Die Windbeaufschlagung erfolgte von der Seite. Die Höhe des aus Lehm aufgebauten Ofenschachtes erreichte maximal 1 m. Dieser Ofentyp wird von verschiedenen Autoren³⁷ ins 10.-12. Jahrhundert datiert.

Folgt man der Argumentation János Gömöris, der aufgrund der ungarischen Befunde in »Rennöfen vom awarischen Typus«³⁸ Öfen mit leicht eingetiefter Schlackengrube sieht, kann dies teilweise auf die in Zillingtal festgestellten Befunde übertragen werden. Ein wesentlicher Unterschied besteht darin, dass die während des Rennprozesses anfallende Schlacke aus den Öfen von Tarjánpuszta³⁹ wie auch von Zamárdi herausgeflossen ist. Dies lässt sich für die Rennöfen von Zillingtal nicht feststellen. Obwohl im Fundmaterial immer wieder kleine, als Fließschlacke anzusprechende Fundstücke vorkommen, kann das nicht eindeutig als Beleg für das Vorhandensein dieses Schlackentyps und der damit verbundenen Verhüttungsmethode gelten. Die Zillingtaler Öfen weisen aber auch Übereinstimmungen mit den nach dem Fundort Nemeskér-Rétrejárom alja⁴⁰ benannten Rennöfen auf. Dieser Ofentyp hat eine dünnere Ofenwand und ist nicht so stark eingetieft wie die »awarischen« Rennöfen. Beides sind Charakteristika, die auch auf die Öfen in Zillingtal zutreffen, jedoch haben sie keinen so ausgeprägten hufeisenförmigen Grundriss wie jene aus Nemeskér-Rétrejárom alja auf. Ob es sich bei den Zillingtaler Öfen um einen anderen Typ oder um eine Variante der in Ungarn festgestellten Befunde handelt, lässt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht entscheiden, da sowohl für die eine wie auch für die andere Deutung bis jetzt weitere Belege fehlen.

³² Gömöri 1980, 333; 2000b, 113, Nr. 206-207.

³³ Gömöri 2000b, 70 Nr. 120, 317.

³⁴ Gömöri 2000b, 138 Nr. 244, 321.

³⁵ Ähnliche Öfen konnten in Trizs, Felsőkelecsény, Uppony und Smogyfajsztó festgestellt werden: Novaki 1969, 305; Gömöri 1999a; 2000a, 217.

³⁶ Gömöri et al. 1999, 135.

³⁷ Heckenast et al. 1968.

³⁸ Gömöri 1989, 127.

³⁹ Gömöri 1980 Abb. 1, 1-2; 2000a, 216; 2000b, 185 Nr. 325.

⁴⁰ Gömöri 1980, 333; 2000b, 113 Nr. 206-207.

Quadrant	geborgene Schlackenmenge [kg]	Quadrant	geborgene Schlackenmenge [kg]
0513	9,70	0714	0,25
0607	0,13	0715	0,07
0608	0,02	0716	0,12
0609	0,28	0807	0,41
0613	0,11	0809	0,01
0614	0,30	0811	0,91
0615	0,12	0813	2,78
0616	0,005	0814	0,79
0706	0,32	0815	0,34
0707	0,008	0816	0,05
0708	0,09	0913	13,34
0709	0	1013	47,20
0710	1,05	1113	60,11
0711	0,05	1213	60,3
0712	0,07	1212/ 1313	33,51
0713	1,31		

Tab. 1 Gewicht der in den jeweiligen Quadranten geborgenen Schlackenmenge.

Die Funde aus Schnitt 1212/1213

Schlacke

Die Gesamtmenge der Schlacke beträgt 233,8 kg. Ihre Verteilung auf die verschiedenen Quadranten ist aus **Tab. 1** ersichtlich.

Wie sofort erkennbar, häuften sich in den Quadranten 0513, 0713, 0813, 0913, 1013, 1113 und 1213 die Schlackenfundstücke mit insgesamt 228,36 kg. In den restlichen Quadranten konnten zwischen 0,005 und 1,04 kg Schlackenreste geborgen werden.

Der starke Rückgang der Schlackenmenge von Quadrant 0913 mit 13,34 kg über Quadrant 0813 mit 2,78 kg zu 1,31 kg in Quadrant 0713 belegt, dass es sich hierbei nicht um einen kontinuierlichen, etwa durch Erosion bedingten Abfall handelt.

In Quadrant 1013 wurden 47,2 kg Schlacke geborgen, Quadrant 1113 erbrachte 60,11 kg. Im Fundmaterial der Grube 13/Quadrant 1213 ließ sich eine nicht unbeträchtliche Menge Schmiedeschlacken aussortieren. Auch wenn keine Befunde unmittelbar darauf hinweisen, so ist doch anzunehmen, dass sich im Bereich des Quadranten 1013 neben dem Verhüttungsplatz auch eine Schmiede befand. Die geophysikalische Prospektion deutet auf die Existenz verschiedener Gruben außerhalb der ausgegrabenen Quadranten hin. Ob es sich dabei um Befunde handelt, die in Zusammenhang mit dem Schmiedehandwerk stehen, ist ungewiss. Das Schlackenmaterial aus Quadrant 1113 kann größtenteils als Verhüttungsschlacke klassifiziert werden. Die als Bruchstücke vorliegenden Fundstücke zeigen hauptsächlich eine glatte kompakte Oberfläche, die eine graublau über violette bis glasig schwarze Färbung aufweist. An deren Außenseite sind Fließstrukturen erkennbar, immer wieder sind Wülste mit glatter grauschwarzer Oberfläche festzustellen.

Verteilung der Funde innerhalb der Siedlung

Schlacken

Die Schlackenfundstücke wurden nach verschiedenen Kriterien aufgenommen und bestimmt. Neben allgemeinen Informationen wie Fundnummer, Quadrant, Sektor, Abbauschicht etc. erfolgten eine Gewichts-

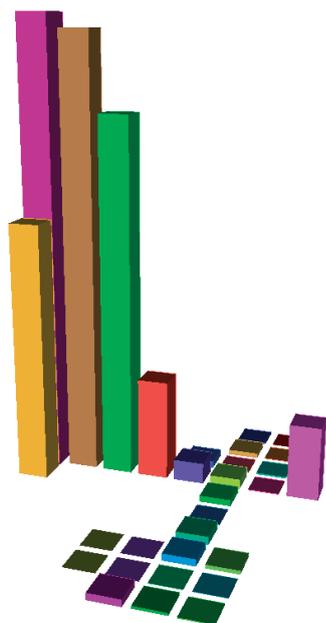


Abb. 6 Schematische Darstellung der Schlackenverteilung im Siedlungsareal, Blickrichtung von Norden. Von Quadrant 0913 (rechts) ausgehend nimmt der Schlackenanteil ab und erreicht nach links zu in Quadrant 1213 sein Maximum.

Quadrant	Grube	Sektor	Schlackenmenge [kg]
0513	1	8, 9, 10	6,1
0613	2	8, 9	/
0713	3	13, 14, 17, 18, 19, 23, 24	0,95
	4	15, 19, 20, 24, 25	0,072
0813	4	11, 16, 12, 17	0,179
	5	24, 25	0,591
	6	1, 9, 10, 14, 15, 19, 20	0,943
0814	5	3, 4	/
	12	5	0,183
0913	5	21	/
	6	6, 11, 12	0,393
	7	19, 20, 23, 24, 25	7,4
	8	10, 14, 15, 19, 20	3,15
1013	7	21	2,3
	8	6, 11, 12, 13, 16, 17, 18	15,4
	9	21,22	2,3
	10	18, 19, 20, 23, 24, 25	7,13
	11	8, 9, 10	12,5
1113	11	1, 2, 3, 6, 7, 8	58,17
1212		Ofen 1, Ofen 2	33,98
1213	13	13, 14, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24	50,43
Gesamtmenge			202,17

Tab. 2 Auflistung der Schlackenmenge in den Quadranten pro Grube und Sektor.

bestimmung sowie eine Gliederung nach morphologischen Kriterien. Sie wurden nach unterschiedlichen Gesichtspunkten wie Abmessungen, Aussehen, Oberflächenstruktur, Oberflächenbeschaffenheit, erkennbare Fließstrukturen, Farbe und Aufbau katalogisiert. Es schloss sich eine Kartierung unter Berücksichtigung des Gesamtgewichtes pro Quadrant sowie pro Sektor an. Wie aus **Abb. 6**⁴¹ ersichtlich, steigt die Menge der geborgenen Schlacken von Quadrant 0613 Richtung Quadrant 1213 stark an und erreicht in Quadrant 1213 mit 60,3kg den höchsten Wert⁴². Obwohl im Quadrant 1113 nur eine awarenzeitliche Grube (**Abb. 2**) vorhanden ist, weist er doch den zweithöchsten Werte von 60,11kg auf.

Die Siedlungsphase 1 umfasst die Gruben 1, 6, 7, 8, Siedlungsphase 2 die Gruben 3, 4, 5, Siedlungsphase 3 die Grube 11 und Siedlungsphase 4 die Gruben 2, 9, 10, 12⁴³. In **Tab. 2** ist die Verteilung der Schlacke pro Grube und Quadrant aufgelistet. Herangezogen wurden die Werte der Quadranten die eine markant höhere Schlackenmenge aufwiesen.

Insgesamt wurden somit 202,17kg Schlacke erfasst und den verschiedenen Befunden zugeordnet. Die Gruben der Siedlungsphase 1 enthielten 35,686kg Schlacke, die Objekte der Siedlungsphase 2 erbrachten 1,792kg, die der Siedlungsphase 3 70,67kg und in den Objekten der Phase 4 fanden sich 9,613kg (**Tab. 3**). Die Grube 13 wurde zuerst nicht in diese Kartierung mit aufgenommen, da die in ihr gefundenen Scherben vom Typ LG1⁴⁴ bzw. handgeformte Scherben nur als *terminus post quem* aufzufassen sind und auch zu einem späteren Zeitpunkt in die Grube geraten sein könnten.

⁴¹ Für diese Kartierung wurde die Gesamtmenge der im jeweiligen Quadrant gefundenen Schlacke herangezogen.

⁴² Das Gewicht der in Ofen 2 geborgenen Schlacke wurde nicht miteinbezogen.

⁴³ Für Details bezüglich der Siedlungsphasen s. das Kapitel »Die awarenzeitliche Siedlung von Zillingtal« S. 101.

⁴⁴ Siehe ebenda S. 107.

Grube 1	Grube 3	Grube 4	Grube 5	Grube 6	Grube 7	Grube 8	Grube 9	Grube 10	Grube 11	Grube 12	Grube 13
6,1	0,95	0,251	0,591	1,336	9,7	18,55	2,3	7,13	70,67	0,183	50,43

Tab. 3 Schlackenmenge pro Grube, Angabe in kg.

Grube 1	Grube 3	Grube 4	Grube 5	Grube 6	Grube 7	Grube 8	Grube 9	Grube 10	Grube 11	Grube 13
0,197	0,132	0,009	0,042	0,408	0,116	0,814	0,491	0,214	2,2155	3,751

Tab. 4 Verteilung der Düsenbruchstücke auf die Siedlungsobjekte nach ihrem Gewicht, Angabe in kg.

Düsen

Das Gesamtgewicht der gefundenen Düsenbruchstücke beträgt 11,24 kg wovon 8,39 kg mit Hilfe der Sektorenangaben den verschiedenen Objekten der vier Siedlungsphasen zugewiesen werden konnten. Die in der Schlackengrube 13 gefundenen 3,7 kg Düsenbruchstücke wurden wiederum nicht mit einbezogen.

Eine Addition des Gewichts der Düsenfragmente aus **Tab. 4** nach Siedlungsphasen ergibt für Phase 1 1,535 kg, für Phase 2 0,183 kg, für Phase 3 2,216 kg und für Phase 4 0,705 kg.

Von den insgesamt 165 Düsenbruchstücken, die während der Ausgrabung geborgen wurden, blieb im Allgemeinen nur der in den Ofen hineinragende Vorderteil erhalten, sodass wir über kein komplettes Stück verfügen. Der Grund dafür besteht darin, dass nur der vorderste Teil der Düse im Ofen durchgebrannt wurde und während des Betriebes des Rennofens verschlackte und dadurch gegen Verwitterung resistent ist (**Taf. 227, 1-2**).

Die Länge der komplett erhaltenen Vorderteile liegt zwischen 0,05 m und 0,123 m, wobei die durchschnittliche erhaltene Länge 0,084 m⁴⁵ beträgt. Einige Düsenfragmente waren bis zum Übergang in die Ofenwand verschlackt (**Taf. 228, 1-3**). Basierend auf Erfahrungen aus der experimentellen Archäologie sollte eine ungebrauchte Düse ungefähr bis zum Mittelpunkt des Rennofens reichen. Nach diesem Richtwert sollte eine Düse im Ofenraum vor Beginn des Rennprozesses ungefähr 0,16-0,2 m lang gewesen sein. Rechnet man die durchschnittliche Ofenwandstärke von ca. 0,15 m hinzu, ergibt sich für eine ungebrauchte Düse eine Gesamtlänge von 0,35 m. Die Wandstärke der Düsen schwankt zwischen 0,01 m und 0,26 m.

Von den 31 Düsenfragmenten, die in den Quadranten 1212, 1213 und 1313 geborgen werden konnten, waren neun (von insgesamt 18 der ganzen Grabung) soweit erhalten, dass sich ihr Innendurchmesser sicher bestimmen ließ. Die Düsenkanäle sind zylindrisch bis leicht konisch, ihr Durchmesser vergrößert sich von 0,018-0,025 m am vorderen Düsenende auf 0,02-0,027 m am hinteren. Das vordere Ende aller aufgefundenen Düsen ist verschlackt; dies belegt, dass alle Bruchstücke von Düsen stammen, die benutzt worden sind. Manche sind nur leicht verschlackt (**Taf. 227, 1-2; 230, 1**) während andere durch die abfließende Schlacke komplett verschlossen wurden (**Taf. 229, 1-2**). Anhand der Tonfarbe lassen sich zwei Gruppen – rot gebrannte und gelblich gebrannte Düsen – unterscheiden, wobei die gelb gebrannten weitaus seltener im Befund vorkommen.

⁴⁵ Damit scheidet eine Verwendung im Rahmen eines Schmiedeprozesses aus, da die errechnete Länge die Düsen zu groß ist,

um in einer Schmiedeeise mit einem Durchmesser von 0,15-0,3 m verwendet zu werden.

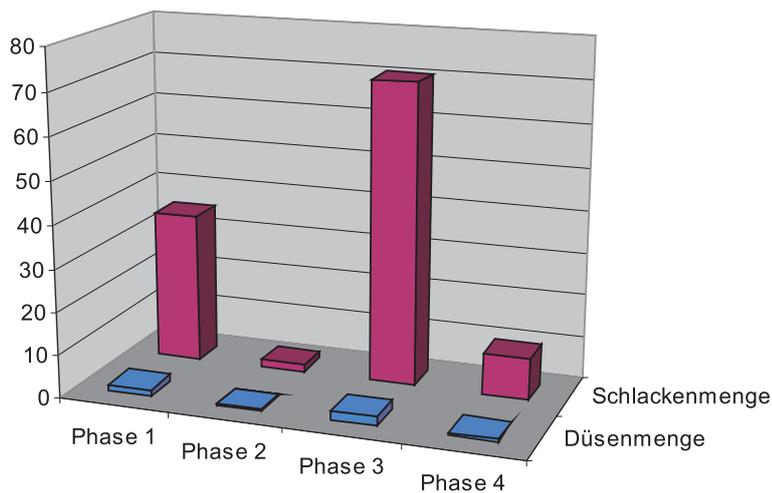


Abb. 7 Verteilung der Schlacken und Düsen in kg/Phase ohne Schlackenfunde der Quadranten 1212 und 1213.

Bei einigen Bruchstücken handelt es sich um Endstücke (Taf. 230, 2). Sie besitzen an einer Seite eine trichterförmige Erweiterung von bis zu 0,048m Durchmesser, an die der Blasebalg angesetzt wurde. Da die Düsenöffnung zu klein ist, um bei natürlichem Zug eine ausreichende Sauerstoffversorgung⁴⁶ zu gewährleisten, muss den Öfen die Luft mittels Blasebalg zugeführt worden sein. In Quadrant 0913 fanden sich zwei, in Quadrant 1013 drei, in Quadrant 1113 zwei und in den Quadranten 1212 und 1213 elf nicht zerbrochene Düsenteile. Wie die an den Düsen anhaftende Schlacke zeigt, ragten sie leicht nach unten geneigt in den Ofenraum hinein (Taf. 228, 1. 3; 229, 1), durchschnittlich in einem Winkel von 5-30°. Da die Düse im Ofenraum wegen der hohen Temperaturen abschmilzt, lässt sie sich nur jeweils einmal verwenden. Sie wird anschließend aus dem Düsenziegel oder Ofenmantel entfernt und durch eine ungebrauchte ersetzt. Das vordere Ende einiger Düsen ist durch die abschmelzende Schlacke bereits verschlossen (Taf. 228, 3; 229, 1. 2). In diesem Fall musste der Rennprozess beendet werden, da ansonsten der Ofen »einfriert«, was zur Folge hat, dass die Lupe nur sehr schwer vom Schlackenmaterial getrennt werden kann.

Für das Vorhandensein eines Düsenziegels als Teil der Ofenkonstruktion gab es im Fundmaterial keinen Nachweis. Da auch der Ofenschacht nicht erhalten geblieben ist, sind über dessen Konstruktion nur Mutmaßungen möglich.

Wurden alle Düsen für Rennprozesse verwendet, so sind mindestens 18 Prozesse⁴⁷ gefahren worden. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass alle aufgefundenen Düsenfragmente den beiden Öfen zugeordnet werden können. Die geophysikalische Prospektion scheint zu bestätigen, dass nur diese Öfen vorhanden waren. Da die angewendete Messtechnik allerdings noch nicht perfektioniert genug war, um endgültige Ergebnisse zu liefern, ist nicht auszuschließen, dass sich im Bereich von Quadrant 1212 und 1213 noch weitere, bislang nicht erfasste Rennöfen verbergen.

Wie bereits oben erwähnt wurden die Schlacken und Düsenfunde der Quadranten 1212, 1213 und 1313 nicht in diese Verteilungsanalyse mit einbezogen, da in diesen Schnitten keine aussagekräftige Keramik in ausreichender Menge gefunden wurde, die eine chronologische Einordnung zuließ. Betrachtet man die Verteilung innerhalb der von Hajnalka Herold definierten Siedlungsphasen, so ergibt sich für Phase 1 und 3 ein erhöhter Anteil an Schlacken und Düsenbruchstücken (Abb. 7).

⁴⁶ Pleiner 2000b, 200.

⁴⁷ Dieser Wert ist als Minimalwert zu verstehen und beruht auf der Zuordnung der 18 noch komplett erhaltenen Düsenfragmente zum Verhüttungsprozess. Dafür spricht die starke Verschlackung des ofenseitigen Endes. Bei der alternativ möglichen

Verwendung in einer Schmiedesse dürften die dort erreichten Temperaturen nicht ausgereicht haben um eine derartig intensive Verschlackung hervorzurufen. Auch sind die Düsenfragmente für eine Esse wohl zu lang (s. Anm. 45).

Während dieser Phasen müssen also in diesem Bereich der Siedlung intensivere metallurgische Tätigkeiten durchgeführt worden sein als während der Phase 2 und 4.

Da normalerweise bei der Eisenverhüttung und den damit verbundenen Folgeprozessen wie dem Ausheizen und dem Homogenisieren der Luppe eine größere Schlackenmenge anfällt als beim Schmieden, lässt sich folgern, dass diese Tätigkeiten verstärkt während der Siedlungsphase 3 (= Grube 11) durchgeführt wurden. Sowohl wegen der räumlichen Nähe zwischen Grube 11 im Quadrant 1113 und den Objekten in den Quadranten 1212 und 1213 als auch aufgrund der Feststellung, dass diese Gruben eine große Menge an Verhüttungsschlacke enthielt, dürften die Rennöfen 1 und 2 höchstwahrscheinlich während der Siedlungsphase 3 betrieben worden sein. Da aber durch die bisherigen Ausgrabungen nur ein eingeschränkter Bereich der gesamten Siedlung freigelegt werden konnte, können zukünftige Grabungen dieses Bild noch verändern!

UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Beim Rennverfahren wird mittels eines pyrotechnischen Prozesses aus Eisenerz Metall gewonnen. Als Ausgangsmaterial stehen hierbei verschiedene Erze zur Verfügung, die sich jedoch entsprechend ihrer Zusammensetzung unterschiedlich gut zur Verhüttung eignen. Dies ist abhängig vom Fe-Gehalt, vom Begleitgestein (z.B. Gangart) und der Reduzierbarkeit des Erzes. Es lässt sich zwischen oxidischen, hydroxidischen, sulfidischen und karbonatischen Erzen unterscheiden. Die letztgenannten Erztypen müssen zuerst durch »Rösten« in Oxide umgewandelt werden, während die oxidischen und hydroxidischen direkt dem Verhüttungsprozess (Reduktion) unterzogen werden können.

Als Herkunftsgebiet des verwendeten Eisenerzes kommen eine Lagerstätte vor Ort, aber auch die Erzlagerstätten des Oberpullendorfer Beckens oder des Rosaliengebirges in Betracht. In verschiedenen Fundposten konnten Erzbruchstücke (**Taf. 231**) gesichtet und aussortiert werden. Bei den untersuchten Stücken handelt es sich meistens um unregelmäßige, kugelige Bruchstücke mit ca. 0,03-0,05 m Durchmesser. Sie unterscheiden sich von Schlacke sowohl durch ihr spezifisches Gewicht als auch durch ihre Farbe und Oberfläche. Meistens sind sie schwach magnetisch und haben eine intensiv rote oder stellenweise bräunlich schwarze Färbung.

Die Untersuchungsergebnisse mittels RFA (**Tab. 5**) vermitteln ein umfassenderes Bild. Die Messungen erfolgten als Punktanalysen⁴⁸, deren Gehalte anschließend gemittelt wurden. Der Eisenoxidgehalt liegt zwischen 58,44 und 65,26 Gew.%, während die SiO₂-Gehalte zwischen 24,42 und 30,11 Gew.% betragen. Al₂O₃ hat Gehalte zwischen 3,81 und 4,82 Gew.% und P₂O₅ ist mit 0,14-0,21 Gew.% vertreten. SO₃ zeigt eine Schwankungsbreite von 0,38-0,91 Gew.%, K₂O von 1,32-1,61 Gew.%, CaO von 0,86-1,15 Gew.%, TiO₂ von 0,23-0,27 sowie MnO von 1,97-2,02 Gew.%.

Wegen der geringen Anzahl von Proben, die während der Ausgrabung gefundenen wurden, sind die Ergebnisse zwar nicht absolut repräsentativ, sie geben jedoch einen Überblick über das verwendete Erz. Es handelt sich wahrscheinlich um ein Sekundärerz mit einem (theoretischen) Eisenoxidgehalt (in Fe₂O₃) von bis zu 65 Gew.%.

⁴⁸ Für die kostenlose Durchführung der Analysen möchte ich Dr. Susanne Greiff (RGZM) danken. Zum Einsatz kam eine Mikro

RFA Eagle III, XXL der Fa. Röntgenanalytik Messtechnik Taunusstein, die mit einer Rhodium Röhre ausgestattet ist.

	950/97-1	983/95	521/97	521/97b	1247/95-1	1247/95-2	1247/95-3	316/95
MgO	0,58	0,48	0,46	0,43	0,49	0,51	0,51	0,42
Al ₂ O ₃	4,82	3,93	3,87	3,83	4,06	4,1	4,06	3,81
SiO ₂	30,11	26,1	25,6	24,95	26,35	26,92	26,64	24,42
P ₂ O ₅	0,21	0,17	0,17	0,16	0,17	0,18	0,18	0,14
SO ₃	0,38	0,85	0,87	0,89	0,82	0,8	0,78	0,91
K ₂ O	1,61	1,34	1,33	1,32	1,35	1,35	1,32	1,32
CaO	1,15	0,87	0,88	0,82	0,86	0,88	0,88	0,79
TiO ₂	0,27	0,25	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,23
MnO	2,02	2,04	2,07	2,01	2	2,04	2,03	1,97
Fe ₂ O ₃	58,44	63,34	63,85	64,66	63,02	62,37	62,76	65,26
Summe	99,59	99,37	99,34	99,31	99,37	99,4	99,41	99,27

Tab. 5 RF-Analyse der Erze. Die Messungen wurden unter Einberechnung des Sauerstoffgehalts durchgeführt, auf 100% normiert und geben die Oxidgehalte (Gew.%) wieder.

Die Ergebnisse der RFA liegen durchaus im Streubereich der Unterpullendorfer Erze⁴⁹. Sie weisen aber einen etwas geringeren Eisenoxidgehalt auf, der mit maximal 65 Gew.% Fe₂O₃ (= 57,6 Gew.% FeO) für die Verhüttung zu niedrig zu sein scheint. Allerdings lässt sich bei in der Nähe von Verhüttungsplätzen gefundenen Erzstücken vorab schwer etwas über den Verwendungszweck des gefundenen Erzes sagen: Handelt es sich um Eisenerz, das aussortiert wurde, weil es für die Verhüttung zu minderwertig war, ist es während des Arbeitsprozesses verloren gegangen, oder wurde es intentionell ausgesondert, um es durch Rösten oder Waschen nochmals entsprechend anzureichern, wie es János Gömöri für den Verhüttungsplatz von Iván, Dudás-Dűlő und Vasasföld I⁵⁰ annimmt?

Die Geologie der Fundstelle

Die Fundstelle Zillingtal liegt am Übergang zwischen dem Eisenstädter und dem Wiener Becken. Die nächsten, heute bekannten Eisenerzvorkommen befinden sich in 8-50 Kilometer Entfernung zur Fundstelle im Rosaliengebirge, Oberpullendorfer Becken⁵¹ sowie im Bergbaugesamt Rax-Umgebung⁵². Im Folgenden sollen die geologischen Verhältnisse dieser Region kurz beschrieben werden⁵³.

Im Gemeindegebiet⁵⁴ von Zillingtal, das in der Schwellenzone zwischen Eisenstädter und Wiener Neustädter Becken liegt, treten fast überall Sedimente des Pont an die Oberfläche. Das oberflächlich feststellbare geologische Umfeld der Fundstelle besteht aus Sedimenten des Sarmatium (Neogen), in denen mit Tonmergeln, Schotter, Sand und Kalk zu rechnen ist. Die hier auftretenden Braunkohlevorkommen befinden sich, geologisch betrachtet, in den pontischen Serien am Ostrand des Wiener Beckens in einem NO-SW orientierten Saum, der möglicherweise gegen das Beckeninnere vertauht. Diese lignitische Braunkohle ist im Wesentlichen als Randbildung eines Seen- und Mooregebiets⁵⁵ zu deuten.

Wie schon erwähnt, liegt westlich des Gräberfeldes ein ausgedehntes Braunkohlerevier (Raum Zillingdorf/Neufeld/Pöttching), dessen oberste Schicht (Hangendflöz) in unmittelbarer Nähe des Sumpfgebietes aus dem der Zillingbach entspringt, ausbeißt (**Abb. 8**). Den Aufbau des Kohlevorkommens beschreiben Weber und Weiss⁵⁶ als 9-10 m mächtigen Hauptflöz und als 20 m darüber einsetzenden etwa 3-6 m mächtigen

⁴⁹ Schmid 1975, 18-19.

⁵⁰ Gömöri 2000b, 24, 318. 323.

⁵¹ Schmid 1975, 98.

⁵² Katzer 1967, 80-89; 1968, 125-139.

⁵³ Siehe auch Kapitel »Die Geologie der Umgebung von Zillingtal« S. 26 Abb. 28.

⁵⁴ Landestopographie 1963, 1082.

⁵⁵ Weber / Weiss 1983, 250.

⁵⁶ Ebenda 249.

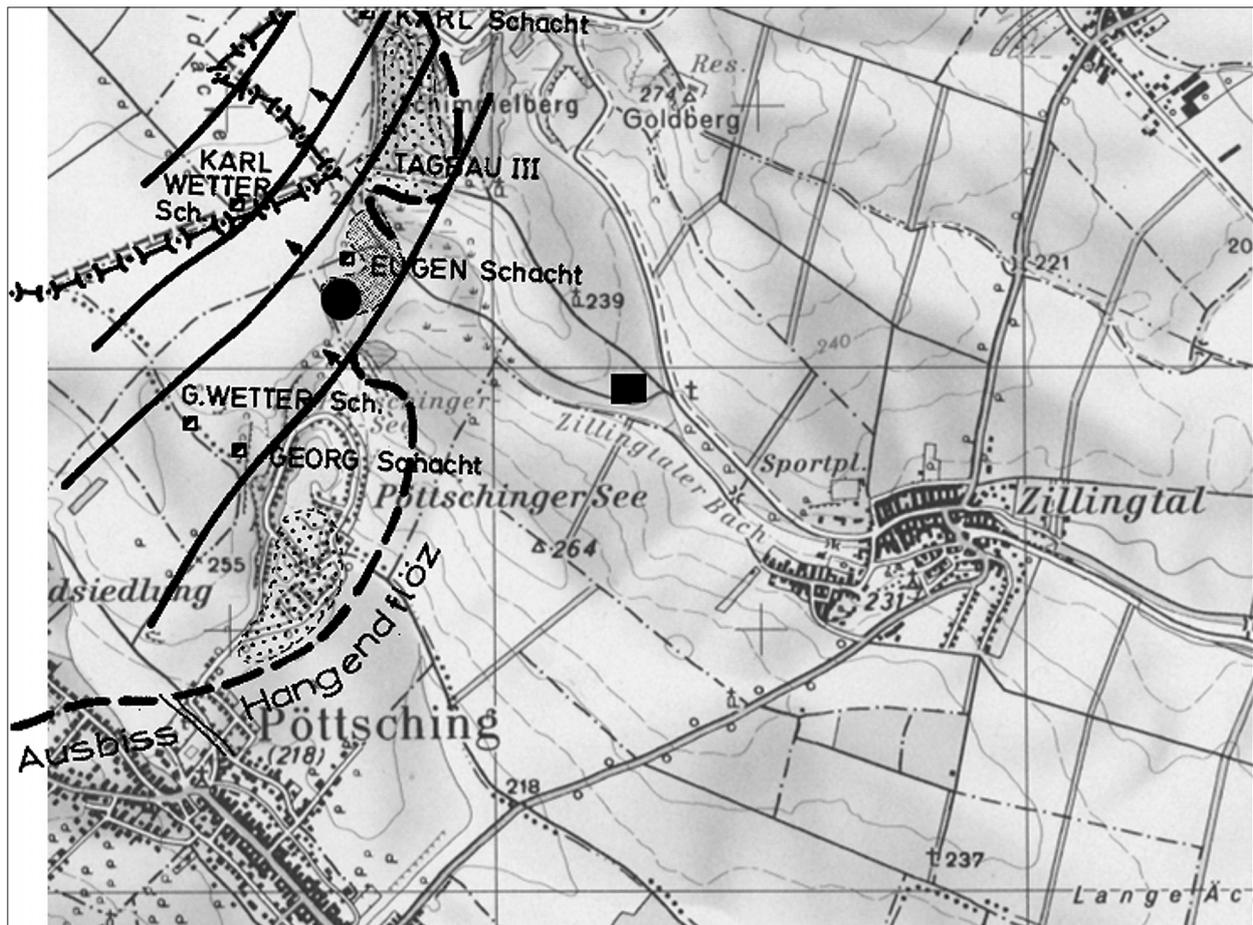


Abb. 8 Zillingtal. Lage von Gräberfeld und Siedlung (● Gräberfeld, ■ Siedlung). Der Hangendflöz des Braunkohlereviere befindet sich im unmittelbaren Einzugsgebiets des Zillingbaches (Kombination aus ÖK 77 und Übersichtsdarstellung der Braunkohlebergbaue von Zillingtal-Neufeld – Pötsching).

Hangendflöz. Der Schwefelgehalt⁵⁷ der xylitische Braunkohle beträgt zwischen 2,29 und 3,14% und liegt in Form von Pyrit (FeS_2) vor. Die verschiedenen untersuchten Proben zeigen außerdem einen hohen Urangehalt⁵⁸ zwischen 77-100 ppm und 0,054-0,1%. Die Braunkohle⁵⁹ wird als Randbildung eines Seen- und Mooregebiets gedeutet.

Die Verwitterungsvorgänge in pyrithaltigen Braunkohlen sind mittlerweile gut erforscht. Eine Reihe von Arbeiten beschäftigt sich mit diesen Vorgängen⁶⁰ und beschreibt die Umwandlung von Eisendisulfiden (Pyrit und Markasit) zu Eisenhydroxid – FeOOH . Diese Arbeiten beschreiben, dass in Braunkohletagbauen durch die Belüftung anaerober pyrithaltiger Sedimente eine Kette von Reaktionen ausgelöst wird, welche die Beschaffenheit der Sedimente und des darin fließenden Grundwassers⁶¹ verändern.

Die Pyritverwitterung lässt sich als komplexer Prozess beschreiben, der anorganisch wie auch mikrobiologisch katalysiert in mehreren sequentiellen Teilschritten erfolgen kann. Rudolf Koch hat verschiedene Experimente zur Pyritverwitterung durchgeführt und die Pyritoxidation sowie die anschließende Fällung des entstehenden Eisens als Eisenhydroxid⁶² untersucht. Bei niedrigen PH-Werten des Bodens läuft der Prozess der Oxidation schneller ab, als bei der direkten Oxidation mit Sauerstoff. Die ebenfalls stattfindende bak-

⁵⁷ Ebenda 251 Tab. 155.

⁵⁸ Schroll 1997, 348 Tab. 18a.

⁵⁹ Weber / Weiss 1983, 250.

⁶⁰ Evangelou 1995, 25.

⁶¹ Koch 2000, 8.

terielle Oxidation des Eisens(II) mit Sauerstoff führt wiederum dazu, dass das Oxidationsmittel Eisen(III) regeneriert wird. Dabei kann neben Sauerstoff auch Nitrat den Pyrit oxidieren.

Diese Verwitterungs- und Transportvorgänge in pyrithaltigen Braunkohlen könnten dazu geführt haben, dass sich im Bereich des auch heute noch als Sumpfgebiet erkennbaren Quellbereichs des Baches oxidische Eisenkonkretionen (**Taf. 231**) gebildet haben. Allerdings kann es sich dabei nur um Kleinstlagerstätten gehandelt haben.

Die Vorkommen von pyrithaltigen Braunkohlen oberhalb des Sumpfgebietes (im Quellbereich des Zillingbach) lassen in Kombination mit den Messergebnissen Spekulationen über eine mögliche Existenz von Eisenkonkretionen in absoluter Nähe der Fundstelle zu. Eine Verifikation dieser Überlegung wäre durch geologische Begehungen und Rammsondierungen im Bereich des moorigen Quellgebietes⁶³ des Baches möglich. Ebenso sind detaillierte Untersuchungen des Mineralbestandes, der Spurenelementgehalte sowie Blei-Isotopenverhältnisse⁶⁴ notwendig, um diese Annahme entsprechend abzusichern. Der Schwefelgehalt der Erzproben, die chemische Zusammensetzung und der Mineralbestand der Erze scheinen diese Annahme zu unterstützen.

Die Schlacken

Aus dem Fundmaterial wurden jene Fundposten der Schnitte 1212 und 1213 aussortiert, die Schlacken enthielten, und einer genaueren Analyse unterzogen. Lediglich die Fundposten Fnr. 76/95 – Quadrant 0513, Fnr. 1564/95 – Quadrant 0807 und Fnr. 973/95 aus Quadrant 1113 wurden in die Analyse⁶⁵ miteinbezogen, da sie verschiedene Besonderheiten aufweisen, die für die Auswertung interessant erschienen. Bei Fnr. 973/95 handelt es sich um eine Verhüttungsschlacke, die im Schnitt 1113 (der an Schnitt 1212 angrenzt) gefunden wurde. Sie ist als einzige bereits morphologisch als Verhüttungsschlacke ansprechbar. Fnr. 1564/95 und Fnr. 76/95 sind Schlackenstücke, in denen metallische Eisenpartikel festgestellt werden konnten.

Primär war die chemische Zusammensetzung der einzelnen Fundstücke von Interesse, um unter Berücksichtigung der Erzbasis Rückschlüsse auf die Effizienz des vor Ort betriebenen Rennverfahrens zu ziehen. Der Pauschalchemismus wurde mittels μ -RFA ermittelt, es folgte an ausgewählten Fundstücken eine genauere Untersuchung mittels Rasterelektronenmikroskop mit energiedispersivem Analysesystem⁶⁶.

Die Schlackenfunde Fnr. 588/97-1, Fnr. 588/97-2, Fnr. 587/97-1, Fnr. 589/97, Fnr. 620/97, Fnr. 622/97 und Fnr. 587/97-2 stammen aus dem Befund des Ofens 2 im Schnitt 1212 und können unmittelbar mit der Verhüttungs- oder Schmiedetätigkeit in Zusammenhang gebracht werden. Es handelt sich um einen Schlackenklötz (Fnr. 588/97-1, **Taf. 232**) und den ihn umgebenden Ring aus Schlacken (Fnr. 588/97-2, **Taf. 233**). Weiters wurden als separate Fundnummern die Schlacken Fnr. 589/97 (**Taf. 234**), Fnr. 620/97, Fnr. 622/97 und Fnr. 587/97 geborgen, die aufgrund des Befundes ebenso wie Fnr. 588/97-2 als aufgeschmolzene Wand des Ofens 2 anzusprechen sein dürften.

Im Fundmaterial der Schlackengrube 13 ist weiters ein großer Anteil an Schmiedeschlacken (Fnr. 1243/95, Fnr. 1223/95-1, Fnr. 1201/95, Fnr. 731/97, Fnr. 732/97, Fnr. 733/97) und verschlackten Ofenwandbruch-

⁶² Ebenda 49. 82.

⁶³ Vgl. *Geologische Karte Österreichs* ÖK 77.

⁶⁴ Beispielgebend dazu Schwab et al. 2006, 431-450.

⁶⁵ Leider war aufgrund der eingeschränkten Zeit und des eingeschränkten Budgets eine Untersuchung aller Schlacken nicht möglich (Anm. des Verf.).

⁶⁶ JEOL 6400, EDX- System: Link Analytik (ZAF 4); LEO EVO 60 XVP, EDX- System, Oxford Instruments INCA 300. Die Analyse-

ergebnisse wurden auf 100% normalisiert und auf eine Dezimalstelle gerundet. Dies kann dazu führen, dass die Elemente in Summe nicht 100% ergeben. Hier sei auf den Beitrag von Melcher/Schreiner 2004, 331 Tab. 1; 332 bezüglich der Problematik von EDX-Analysen an archäologischen Gegenständen (z.B. Nachweisgrenze) verwiesen. Bestimmung der Hauptelemente mit einem relativen Fehler von ca. 1%, die Neben- und Spurenelemente können einen größeren relativen Fehler auf-

Nummer	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	ZnO	Y ₂ O ₃
588/97-1	0,46	6,07	21,37	0,35	0,03	1,15	4,62	0,2	1,34	64,4	–	–
588/97-2	0,81	7,61	39,08	0,14	0,03	2,6	1,14	0,44	1,92	45,73	0,02	0,48
587/97-1	0,54	4,53	28,53	0,19	0,71	1,52	0,95	0,26	1,92	60,24	–	–
587/97-2	0,46	9,02	30,44	0,35	0,47	1,49	1,07	0,33	1,54	54,33	–	–
589/97	0,52	4,27	27,51	0,19	0,75	1,41	0,91	0,25	2,02	61,6	–	–
620/97	0,53	4,86	29,58	0,17	0,51	1,57	1	0,27	1,97	59,09	–	–
622/97	0,45	8,92	30,21	0,35	0,47	1,47	1,07	0,33	1,54	54,67	–	–
973/95	0,44	3,9	24,51	0,15	0,96	1,34	0,8	0,23	2,02	65,66	–	–
1564-1/97	0,45	8,97	30,34	0,37	0,46	1,49	1,16	0,33	1,62	54,32	–	–
76/95	0,46	8,94	30,18	0,37	0,46	1,5	1,2	0,33	1,58	54,5	–	–
734/95	0,86	5,06	26,42	0,38	0,48	1,32	0,62	0,3	3,72	60,83	–	–

Tab. 6 Chemische Zusammensetzung der Schlacke Fnr. 588/97-1 Schlackenklotz und 588/97-2 Schlackenring und der als aufgeschmolzene Ofenwand anzusprechende Schlacke (Fnr.: 587/97-1, 587/97-2, 589/97, 620/97, 622/97), Angaben in Gew.-%.

stücken enthalten. Immer wieder sind Schlackenstücke mit halbkalottenförmigem Aussehen zu erkennen, deren Durchmesser zwischen 0,068 m und 0,130 m lag, die Höhe variiert zwischen 0,027 m und 0,08 m. Das Gewicht bewegt sich zwischen 0,142 und 0,758 kg. An einigen dieser Schmiedeschlacken lässt sich eindeutig eine Schichtung feststellen, die auf einen gewissen zeitlichen Abstand (wenige Stunden?) während der Entstehung der beiden Lagen hindeutet. Neben Ofenwandfragmenten und Schlacken mit anhaftenden Ofenwandbruchstücken konnte im Fundposten 734 oder 739/97 ein Schlackenstück mit anhaftender Ofenwand aussortiert werden. Es weist an der Oberfläche keinerlei Bruchflächen auf, sodass es als ganzes aus einem Rennofen herausgebrochen worden sein dürfte, um diesen für eine weitere Ofenreise vorzubereiten. Wäre der Rennofen nur einmal benutzt worden, hätte es nach dem Ende der Ofenreise in der Ofengrube verbleiben können. Diese Abfälle könnten natürlich auch durch den Abriss eines Rennofens in die Schlackenrube gelangt sein, allerdings lässt sich aus dem Fundmaterial weder ein gesamter Ofenschacht rekonstruieren, noch sind entsprechende Ofenschachtbruchstücke vorhanden. Vielmehr scheint es sich dabei um Bruchstücke aus dem Ofengrubenbereich zu handeln.

Die Eisenoxidgehalte der Schlacken aus Ofen 2 (**Tab. 6**) schwanken zwischen 64,4 Gew.-% (Fnr. 588/97-1) und 45,73 Gew.-% (Fnr. 588/97-2), währenddessen es sich mit dem SiO₂-Gehalt umgekehrt verhält: Fnr. 588/97-2 weist einen Gehalt von 39,08 Gew.-% auf, Fnr. 588/97-1 dagegen nur 21,37 Gew.-%. Dies lässt sich auch bei den Gehalten von MgO (min. 0,46 Gew.-% - max. 0,81 Gew.-%), P₂O₅ (min. 0,14 Gew.-% - max. 0,35 Gew.-%), K₂O (min. 1,15 Gew.-% - max. 2,06 Gew.-%), CaO (min. 1,14 Gew.-% - max. 4,62 Gew.-%) und TiO₂ (min. 0,2 Gew.-% - max. 0,44 Gew.-%) feststellen. Lediglich die Gehalte von Al₂O₃ mit min. 4,27 Gew.-% und max. 9,02 Gew.-% sowie SO₃ mit min. 0,03 Gew.-% in Fnr. 588/97-1+2 bis max. 0,75 Gew.-% in Fnr. 589/97 bilden eine Ausnahme. Die Zusammensetzung von Schlackenklotz Fnr. 973/95 ähnelt durchaus der von Fnr. 588/97-1, es lässt sich ein ungefähr gleicher Fe₂O₃-Gehalt von 65,66 Gew.-% feststellen, jedoch ist der Gehalt an SO₃ und CaO sehr unterschiedlich.

Die Schlacken Fnr. 587/97-1+2, 588/97-2, 620/97, 622/97 bestehen zu einem guten Teil aus der aufgeschmolzenen Wand des Ofens 2. Da der Rennofen nur aus Lehm aufgebaut war, dürfte ein nicht unwesentlicher Teil der Ofenwand während des Prozesses aufgeschmolzen und entlang der Wand nach unten in die Ofengrube geflossen sein. Dort ist sie zum Teil über und unter die Gras- oder Strohfüllung der Ofengrube geflossen und hat dieses abgeformt, sodass deren Negativabdruck erhalten blieb (**Taf. 234, 1-2**).

In den Schlacken des Ofens 2 fällt weiters ein sehr geringer Anteil an primär ausgeschiedenem Wüstit auf. Eventuell war der Eisenoxidgehalt des verwendeten Erzes zu niedrig, sodass die Eisenausbeute für diesen Verhüttungsprozess sehr gering ausfiel. Das Kristallgefüge und die Analysewerte der Verhüttungsschlacke 973/95 (**Taf. 235**), sowie weitere, aus dem Fundmaterial ausgesonderte, höher eisenhaltige

Erzbruchstücke, die jedoch noch nicht untersucht werden konnten, belegen, dass auch Ofenreisen mit besserem Wirkungsgrad und höherer Eisenausbeute durchgeführt worden sind.

Das Eisen

Im Fundmaterial der Ausgrabung konnten keine Luppenstücke festgestellt werden, lediglich drei, zuerst als Schlacke angesprochene Stücken aus den Fundposten 1564/97 (Taf. 236) und 76/95 enthielten metallisches Eisen. Die drei Fragmente – Bruchstücke mit maximalen Abmessungen von 0,05×0,03×0,04 m – ließen äußerlich keinerlei Kennzeichen von Metall erkennen, sie hatten eine hellbraune mit Lehm bedeckte Oberfläche. Während der Untersuchung der Magnetisierbarkeit waren sie jedoch bereits aufgefallen, im Anschliff konnten dann Metalleinschlüsse erkannt werden. Diese Eisenpartikel wiesen Abmessungen von wenigen Millimetern auf. Da es sich bei dem Probenmaterial nur um sehr geringe Eisenmengen handelt, bestehen Vorbehalte, inwiefern dieses für die Zusammensetzung des in den Rennöfen produzierten Eisens repräsentativ sein kann. Da jedoch keine weiteren Funde aus dem Bereich der Siedlung vorliegen, soll untersucht werden, ob die vorhandenen Proben doch gewisse Aussagen ermöglichen. Die Ergebnisse der metallographischen Untersuchungen an den Eisengegenständen aus dem Gräberfeld und Zillingtal⁶⁷ werden in einem gesonderten Beitrag vorgestellt werden.

Wie verschiedene Verhüttungsversuche⁶⁸ zeigten, ist das Erz im oberen Schachtbereich Temperaturen von über 500°C ausgesetzt. Die Reduktion dieser Erzstücke zum Metall fand bei indirekter Reduktion durch CO/CO₂-Ofengase vor der Bildung schmelzflüssiger Schlacke statt. Dieser Ablauf⁶⁹ geschah bereits vor dem vollständigen Aufschmelzen der Schlacke. Das so ausreduzierte Eisen sickerte dann durch die flüssige Schlacke nach unten und begann die Luppe zu bilden.

Im Schliffbild lässt sich der oben beschriebene Prozess gut beobachten. Die untersuchten Schlackenstücke 1564/97-1 und 2 (Taf. 236, 2-5) sowie 76/95 (Taf. 237, 1-6) enthielten bereits aus dem Erz ausreduzierte Eisenpartikel, die zu kleineren Eisenkonkretionen zusammengebacken waren.

Der Anschliff Fnr. 1564/97-1 zeigt nach der Ätzung mit Nital hauptsächlich ferritisches Gefüge (Taf. 236, 3; 237, 4-6), an den Korngrenzen kann etwas Perlit festgestellt werden. Weiters sind in den Eisenpartikeln noch Schlackeneinschlüsse erkennbar. Im Schliffbild der Probe 76/95 zeigt sich ein ähnliches Erscheinungsbild: auch hier sind die verschiedenen Eisenkörner (Taf. 237, 1-3) bereits stellenweise zusammengewachsen, wie dies auch Radomir Pleiner⁷⁰ beschreibt.

ZUSAMMENFASSUNG

Die bis jetzt untersuchten Befunde aus der Siedlung Zillingtal lassen sich durchaus mit Befunden aus anderen awarischen Siedlungen vergleichen. Die beiden Rennöfen lagen am Rand der Siedlung, was auch für die Rennöfen von Tarjánpuszta-Vasasföld I⁷¹ und Zamárdi-Kútvölgy⁷² angenommen wird. Hajnalka Herold⁷³ deutet den freigelegten Bereich der Siedlung ebenfalls als ein für wirtschaftliche Aktivitäten genutztes Areal.

weisen.

⁶⁷ Erste metallographische Ergebnisse wurden bereits in einem anderem Beitrag publiziert: Mehofer 2006, 159-174.

⁶⁸ Ganzelewski 2000, 59.

⁶⁹ Yalçın / Hauptmann 1995, 291.

⁷⁰ Pleiner 2000b, 135 Fig. 33.

⁷¹ Gömörj, 2000a, 216; 2000b, 185 Nr. 325.

⁷² Gömörj 1999b, 150; 2000a, 217; 2000b, 210 Nr. 376.

Den eigentlichen Wohnteil der Siedlung vermutet sie an anderer Stelle – aufgrund der Ergebnisse der magnetischen Prospektion möglicherweise auf dem nördlich gelegenen Hügel.

Die Rennöfen besaßen eine nach Norden ausgerichtete Arbeitsöffnung mit einer Weite von ca. 0,3 m. Die Schachthöhe betrug vermutlich etwa 0,8 m. Die Ofengrube von Rennofen 1 war ausgeräumt, am Boden aufliegend fanden sich ein Düsen- und ein Schlackenbruchstück. Rennofen 2 besaß eine seichte Arbeitsgrube mit einer Steinsetzung vor der Arbeitsöffnung. In ihr konnten jedoch keine Pfostenlöcher als Reste einer Stützkonstruktion für den Blasebalg nachgewiesen werden, wie es bei den Befunden der Rennöfen von Tarjánpuszta-Vasasföld I⁷⁴, Nemeskér⁷⁵ und Iván-Dudás-Dúló⁷⁶ feststellbar ist. Die ausgeräumte Ofengrube von Ofen 1 wie auch die Konstruktion von Ofen 2 sprechen für eine mehrmalige Verwendung der Öfen. Diese Annahme stützt auch der für Rennofen 2 rekonstruierbare Überbau: Er sollte den Ofen während einer längeren Nutzungsdauer vor Witterungseinflüssen schützen. Der Überbau dürfte eine leichte Ständerkonstruktion gewesen sein. Einige der in den Siedlungen von Dénesfa-Szikas-Dúló⁷⁷ festgestellten Rennöfen wiesen ebenfalls eine Dachkonstruktion auf. Ebenso wird sich für eine Röst- oder Arbeitsgrube in Zamárdi-Kútvölgy⁷⁸ ein Dach rekonstruieren lassen.

Im Bereich der Siedlung von Zillingtal konnten 165 Düsenfragmente geborgen werden, 18 davon waren komplett erhalten. Ihr durchschnittlicher Durchmesser betrug 0,024 m. Basierend auf der Menge der Fragmente wurde die ursprüngliche Gesamtzahl auf maximal 30-40 Düsen geschätzt. Ein Großteil der Düsenbruchstücke war an ihrem vorderen Ende verschlackt. Mit Hilfe der beim Schmelzen vertikal abtropfenden Schlacke am ofenwärtigen Teil der Düse ließ sich feststellen, dass sie 5-30° nach unten geneigt in den Ofenraum hineinragten.

Die Untersuchung der Eisenerze ergab, dass es sich um Sekundärerz gehandelt haben könnte, das vor der Verhüttung einem Röstprozess unterzogen wurde, um es anzureichern. Ein Röstbett oder eine Röstgrube wie in Zamárdi-Kútvölgy⁷⁹ ließ sich im Grabungsbefund nicht erkennen. Ebenso scheinen ausgeprägte Schlackenhalde, vergleichbar denen aus Tarjánpuszta Vasasföld I + II⁸⁰ mit Durchmessern zwischen 1-2 m und 6-8 m zu fehlen. Sämtliches untersuchtes Material der Siedlung Zillingtal stammt aus Siedlungs- oder Abfallgruben.

In der näheren Umgebung von Zillingtal fanden sich keine weiteren Erzvorkommen. Die nächsten heute bekannten Erzvorkommen liegen über 10-20 km entfernt im Oberpullendorfer Becken⁸¹, im Bergbauggebiet Rax-Umgebung⁸² und im Rosaliengebirge. Die Untersuchung der aus dem Fundmaterial aussortierten Erze und Schlacken mittels RFA und Rasterelektronenmikroskopie ergab, dass es sich beim Eisenerz wohl um Sekundärerz handelt, das einem Röstprozess unterzogen wurde. Der Fe₂O₃-Gehalt beträgt durchschnittlich 56,67 Gew.%. Als mögliches Herkunftsgebiet kommt die unmittelbare Umgebung der Fundstelle infrage. Die geologischen Bedingungen würden es erlauben, dass sich im Quellbereich des in der Nähe entspringenden Zillingbaches Eisenkonkretionen gebildet haben, die prospektiert und zur Verhüttung herangezogen wurden. Allerdings kann es sich dabei nur um eine Kleinstlagerstätte handeln, die relativ schnell ausgebeutet war.

In den Quadranten 0513, 0713, 0813, 0913, 1013, 1113 und 1213 tritt eine Massierung von Schlackenfundstücken auf, deren Gesamtgewicht 228,36 kg beträgt. Die Verteilung der Schlackenmenge im Bereich der Quadranten 0713-1213 wie auch das Aussehen der Schlacken legen nahe, dass hier ein Handwerksbereich

⁷³ Siehe S. 121.

⁷⁴ In den Arbeitsgruben von Ofen 1 wurden drei Pfostenlöcher, in der von Ofen 2 zwei Pfostenlöcher erkannt: Gömőri, 2000a, 216; 2000b, 185 Nr. 325.

⁷⁵ Gömőri, 2000b, 39. 41. 87 Fig. 38.

⁷⁶ Ebenda 24, 318.

⁷⁷ Ebenda 60 Nr. 65, 315.

⁷⁸ Gömőri 1999b, 150; 2000a, 217; 2000b, 210 Nr. 376.

⁷⁹ Gömőri, 1999b, 150; 2000a, 217; 2000b, 210 Nr. 376.

⁸⁰ Gömőri 1980, 319.

⁸¹ Schmid 1975, 98.

⁸² Katzer 1967, 80-89; 1968, 125-139.

mit Schmiedewerkstatt und Verhüttungsplatz existierte. Die im Quadrant 0513 geborgene Schlackenmenge aus Grube 1 könnte ebenfalls auf einen solchen Bereich (**Abb. 8**) hinweisen. Die Entfernung zwischen den Quadranten 0513 und 1213 beträgt ca. 30 m, was eine Zusammengehörigkeit der Gruben eher unwahrscheinlich macht. Auch kann aufgrund der Geländestruktur und des Verteilungsbildes der Schlacken ausgeschlossen werden, dass Erosion diese Streuung bewirkt hat.

Das Fundmaterial der Grube 13 in Quadrant 1213 weist darauf hin, dass im Bereich der Quadranten 1113 und 1213 nicht nur Eisen verhüttet wurde, sondern auch eine Schmiede gelegen war. So enthält das Fundmaterial Schlacken, die sich anhand ihrer Morphologie dem Schmiedeprozess zuordnen lassen. Die Fundposten Fnr. 731/97 und 732/97 enthalten einen hohen Anteil an Ofenwandbruchstücken und gebrannten Lehm, ebenso wie an nicht eindeutig erkennbaren Schmiedeschlacken. Vielleicht handelt es sich um die Reste des ausgeräumten Rennofens 1, vielleicht aber auch um Reste eines dritten Rennofens. Allerdings wären dessen Reste dann nicht komplett in der Grube entsorgt worden.

Ausgeprägte Fließschlacken fehlen im ganzen Fundmaterial der Grube 13, was in der Art des Rennprozesses begründet sein könnte. Wie der Schlackenklotz aus Ofen 2 (588/97) deutlich zeigt, war die Schlacke von hoher Viskosität. Deshalb dürften die in den Rennöfen erreichbaren Temperaturen für eine komplettes Flüssigwerden der Schlacke⁸³ nicht ausgereicht haben. Die an der Unterseite des Schlackenklotzes festgestellten Stroh- und Grasabdrücke⁸⁴ lassen erkennen, dass hier zu Beginn des Rennprozesses organisches Material als Distanzhalter bis zur ersten Bildung der Luppe fungiert hat, ähnlich den Schlacken grubenöfen. Die Bauart der Öfen (vor allem von Ofen 2) mit vorgesetzter Arbeitsgrube und eingesetztem Stein belegt aber, dass es sich nicht um Schlacken grubenöfen im klassischen Sinn handelt. Vielmehr konnten die untersuchten Öfen mehrmals verwendet werden.

Eine engere Datierung der Befunde gelingt nur über Umwege. Nach der von Hajnalka Herold herausgearbeiteten Abfolge⁸⁵ der Keramik ist die im Schnitt 0513 festgestellte Grube 1, in der sich bereits Düsen, Schlacke und Erz fanden, eine der frühesten in diesem Bereich der Siedlung. Allerdings enthielten auch alle weiteren von Herold als awarenzeitlich angenommenen Gruben Schlacken und Düsen in unterschiedlicher Menge, diese datieren aber bis zum Ende der Siedlung. Aufgrund des Fundmaterials aus Grube 1 ergibt sich weiterhin, dass bereits zu Beginn der Siedlung Handwerksbereiche vorhanden waren, die sich im Laufe der Zeit verlagerten. Allerdings sollte man bedenken, dass durch die Ausgrabungen nur ein kleiner Teil der Siedlung erfasst wurde.

Kartiert man die Verteilung der Schlacken, ergibt sich ein erhöhter Anteil in den Bereichen der Gruben 1, 7, 8, 9, 10 und 11, die sich den Siedlungsphasen 1 (Grube 1, 7 und 8), 3 (Grube 11), und 4 (Grube 9 und 10) zuordnen lassen. Da die Grube 10 größtenteils Schmiedeschlacke enthält, dürfte die Eisenverhüttung eher während der Siedlungsphasen 1 und 3 passiert sein, wobei die hauptsächliche Verhüttungstätigkeit wohl in die Siedlungsphase 3 stattgefunden hat.

Diese Phase datiert Hajnalka Herold an den Beginn der SpAZ II, Phase 4 setzt sie an das Ende der SpAZ II. Nach neueren Forschungen⁸⁶ gehört diese Epoche mit aller Vorsicht in die Zeit von etwa 730-760 n. Chr. Diese Jahreszahlen verstehen sich im vorliegenden Fall nur als Orientierung um den Zeitraum abzuschätzen, währenddessen die Eisenverhüttung betrieben wurde.

Während dieses ca. 30-40 Jahre dauernden Zeitraumes wurden, geschätzt aufgrund der Düsenfragmente, 30-40 Rennprozesse durchgeführt, was 1-2 Rennprozessen pro Jahr entspricht. Bedenkt man, dass im

⁸³ Die Viskosität einer Schlacke ist von ihrer Zusammensetzung abhängig, wobei schon geringe Mengen von z.B. K₂O den Schmelzpunkt entscheidend verändern können.

⁸⁴ Ähnliche Beobachtungen konnte auch Mikkelsen machen: Mikkelsen 1997, 63-71.

Gräberfeld Zillingtal⁸⁷ bis dato 797 Bestattungen aufgedeckt werden konnten (es ist damit das größte jemals in Österreich ausgegrabene awarische Gräberfeld mit einem Belegungszeitraum vom 7. Jahrhundert bis zum Ende des 8. Jahrhunderts n. Chr.), so scheint diese Anzahl zu niedrig, um den kompletten Eisenbedarf einer Siedlung dieser Größe zu decken. Zum jetzigen Stand der Untersuchungen ist deshalb anzunehmen, dass der Metallbedarf neben der Eigenproduktion noch durch Erwerb von außen befriedigt werden musste.

Nimmt man 13,56 kg Schlacke aus Rennofen 2 als die durchschnittlich bei einem Rennprozess anfallende Menge an, so ergäbe das bei 18 noch erhaltenen Düsen (= minimal 18 Rennprozesse)⁸⁸ eine Gesamtmenge von 245,7 kg Schlacke, mehr als bis dato überhaupt in der Siedlung geborgen wurde. Dieses Missverhältnis von Düsen (= nachgewiesene Rennprozesse) zur Schlackenmenge deutet an, dass im Bereich der Siedlung noch andere Rennöfen oder Schmiedewerkstätten vorhanden sein könnten, die noch nicht ausgegraben sind. Solange keine weiteren Grabungen zur Klärung dieser Situation durchgeführt wurden müssen diese Annahmen natürlich hypotetisch bleiben.

Die beiden Rennöfen von Zillingtal stellen vom Aufbau her offenbar eine Mischform zwischen dem Rennofentyp 1 – dem »awarischer Rennofen«⁸⁹ – und den Rennöfen vom Typ 2 – »Nemeskér-Rennofen« – dar. Als eindeutiger Unterschied zu diesen Typen lief jedoch bei den Zillingtaler Öfen die Schlacke nicht aus dem Ofen heraus, sondern musste nach dem Ende der Ofenreise aus der Ofengrube entfernt werden. Abschließend legen diese Resultate nahe, dass in Zillingtal die Eisenverhüttung und -verarbeitung nur zur Selbstversorgung diente. Die Anzahl der Düsen, das möglicherweise unmittelbar vor Ort zur Verfügung stehende Erz wie auch die Gesamtmenge der Schlacke im Vergleich zu anderen awarischen Siedlungen unterstützen diese Interpretation.

ANHANG 1

Die Schlacken aus Ofen 2 – Schnitt 1213

Der Schlackenklotz 588/97-1

Diese Schlacke stellt die Reste des letzten Arbeitsprozesses in Ofen 2 dar. Sie lässt sich in einen eigentlichen Schlackenklotz (**Taf. 232**) mit 4,565 kg und einen Schlackenring trennen. Der Schlackenklotz weist Abmessungen von 0,45×0,36 m und eine Höhe von max. 0,15 m auf. An seiner Unterseite lassen sich stellenweise die Reste von Gras- oder Strohabdrücken erkennen, darüber sind Holzkohle- und Fließstrukturen vorhanden. Die Oberseite weist Fließstruktur, Abdrücke von Holz oder Holzkohle auf und zeigt blasige Strukturen. Im Befund war er an seiner Unterseite von ringförmig angeordneter Schlacke oder aufgeschmolzener Ofenwand umgeben, die an ihrer Oberseite wie auch teilweise an ihrer Unterseite Gras- oder Strohabdrücke zeigt. Weiters hafteten Bruchstücke der Ofenwandung an.

Schliffbeschreibung:

Die Probe 588/97-1 zeigt einen Querschnitt (**Taf. 238, 1**) durch die Ofenschlacke. Der Schliff lässt sich makroskopisch betrachtet in 4 Zonen unterteilen: Die oberste Zone ist sehr blasig und von dunkelvioletter

⁸⁵ Siehe S. 101-106.

⁸⁶ Stadler 2005, 160 Abb. 52.

⁸⁷ In diesem Gräberfeld wurde eine Grosse Anzahl an Messer und mehrere Säbel und Saxe ausgegraben: Daim 1996, 417-425; 1998, 97-136.

bis bräunlicher Färbung. Darunter schließt ein Bereich mit in etwa gleicher Porosität an, der jedoch ein anderes Reflexionsverhalten aufweist. Während die obere Zone vor allem schwarze bis bräunliche Färbung aufweist, ist dieser untere Bereich hauptsächlich hellbraun. Die dritte Zone ist dunkelgraue und ebenfalls relativ blasenreich. In ihr sind hellgraue Einschlüsse zu erkennen. Zu unterst lässt sich eine schwarz reflektierende Schicht erkennen, die auch etwas kompakter als die darüberliegenden erscheint. In sie ist ein großes Holzkohlestück eingeschlossen.

Diese Vierteilung lässt sich auch unter dem Mikroskop beobachten. Die oberste Schicht (**Taf. 238, 2**), die stark porös ist und große Gasblasen enthält, weist hauptsächlich fayalitisches Gefüge mit metallischen Eiseneinschlüssen auf. Es ist kein primär ausgeschiedener Wüstit zu erkennen. In den Bereichen zwischen den Fayalitleisten finden sich dendritenförmige Ausscheidungen. Die zweite Schicht (**Taf. 238, 3**) zeigt eine dichtere Struktur, es sind mehr, aber dafür kleinere Gasblasen vorhanden. Hauptsächlich lässt sich fayalitischer Olivin erkennen, der sich in etwas längeren Leisten ausgeschieden hat, als in der darüberliegenden Schicht. Hier können ebenfalls globulare Einschlüsse (Eisen) festgestellt werden. Die dritte Schicht (**Taf. 238, 4**) fällt durch hellere Bereiche auf, die unstrukturiert erscheinen. Ebenfalls lässt sich büschelförmig angeordneter Fayalit erkennen, die Schicht erscheint als ganzes inhomogener. Die unterste Schicht (**Taf. 238, 5**) zeigt einen anderen kristallinen Aufbau, vor allem sind kurzstängelige Fayalite zu erkennen.

588/97-2 Schlackenring

Das insgesamt 2,735 kg schwere Schlackenmaterial (**Taf. 233**) besteht aus verschiedenen Bruchstücken, die kreisförmig um den Schlackenklotz angeordnet waren. An der Oberseite der Bruchstücke können stellenweise Gras- oder Stroh- sowie Holzkohleabdrücke festgestellt werden, während an der Unterseite Fließstrukturen und ebenfalls Stroh- oder Grasabdrücke sichtbar sind. Außerdem lässt sich anhaftendes Material der Ofenwand erkennen. Die Schlackenteile haben eine dunkelgraue bis blauschwarze Färbung. Der Anschliff (**Taf. 233, 2**) hat länglich flache Form und kann in vier Zonen (**Taf. 233, 3**) unterteilt werden. Die erste, ganz links, ist der dem Ofenraum am nächsten gelegene Bereich. Sie ist mäßig mit Blasen durchsetzt und weist schwarzes bis dunkelgraues Reflexionsverhalten auf. Nach rechts geht sie in Zone zwei mit braunem bis braunrotem Reflexionsverhalten über, die mit zahlreichen Hohlräumen durchsetzt ist. Schon mit bloßem Auge lassen sich leistenförmige Strukturen (Fayalit) erkennen. Im rechten Teil des Anschliffes (Zone drei) schließt ein dunkelgrauer, stark mit Hohlräumen durchsetzter Bereich an, der nach oben in die vierte Zone übergeht, die wiederum eine rotbraune Färbung aufweist.

Schliffbeschreibung:

Zone eins lässt relativ lange, büschelförmig angeordnete Fayalitleisten mit zahlreichen globularen Einschlüssen (**Taf. 239, 1**) erkennen. Das am weitesten nach links reichende Ende der Schlacke zeigt sehr feine, ebenfalls büschelförmig angeordnete Fayalite. Im Übergangsbereich zur rechts anschließenden Zone zwei mit etwas anderem Reflexionsverhalten sind zwei größere Blasen zu erkennen. Die Struktur dieses Bereichs (**Taf. 239, 2**) zeigt lange Fayalitleisten, die Zwickeln sind ebenfalls mit fayalitischem Olivin in einer (Glas)matrix gefüllt. Die dritte Zone (**Taf. 239, 3**) wird von einem hohen Anteil an Hohlräumen durchsetzt, in den Stegen dazwischen ist sehr fein strukturierter fayalitischer Olivin zu erkennen. Hier findet sich ein Stück nicht aufgeschmolzenes Material (Gangart, Ofenwandmaterial?). Ebenso sind Eiseneinschlüsse vorhanden. Die darüber anschließende vierte Zone zeigt fayalitartigen Olivin mit einem relativ hohen Anteil an runden Partikeln (Eisen). Es lässt sich kein primär ausgeschiedener Wüstit feststellen. In wenigen Bereichen konnte

zwischen den Fayalitleisten dendritenförmige Ausscheidungen beobachtet werden. Das Reflexionsverhalten ähnelt der zweiten Zone. Über den gesamten Schliff ist nur sehr wenig Wüstit zu erkennen.

Verhüttungsschlacke Fnr. 973/95

Die Schlacke Fnr. 973/95 wurde im Schnitt 1113 gefunden. Sie ist als einzige weitere bereits morphologisch als Verhüttungsschlacke (**Taf. 235, 1**) anzusprechen. Wie in der Draufsicht erkennbar, handelt es sich um ein Bruchstück. Vom ursprünglichen Schlackenklotz blieb ungefähr die Hälfte bis zwei Drittel erhalten. Das Gewicht dieses Bruchstücks beträgt 4,35 kg, der Durchmesser schwankt zwischen 0,25-0,29 m und die Höhe liegt bei 0,14-0,16 m.

Der Anschlag lässt sich in 3 Zonen (**Taf. 240, 2-3**) unterteilen: Die oberste Schicht weist schwarze bis dunkelgraue Färbung auf und ist mit großen Hohlräumen durchsetzt. Die darunterliegende Zone ist sehr porös mit einem hohen Anteil an Holzkohleeinschlüssen und kleinen Gasblasen. Die unterste Zone wird aus schwarz reflektierender Schlacke gebildet. Sie ist eindeutig kompakter als die über ihr liegenden und enthält keine Holzkohleeinschlüsse oder große Gasblasen. Rechts in Bodennähe ist ein rundlicher Bereich erkennbar, der sich durch unterschiedliche Struktur und Reflexionsverhalten vom umliegenden Material unterscheidet.

Schliffbeschreibung:

Die oberste Lage ist von Gasblasen (**Taf. 240, 1**) durchsetzt, die ihr ein poröses Aussehen geben. Hauptsächlich sind fayalitischer Olivine zu erkennen, außerdem Eiseneinschlüsse (**Taf. 240, 2**) und stellenweise Wüstit. An der Oberseite, an der Kontaktfläche zur Luppe, lässt sich anhaftendes oder angeschmolzenes Erz (**Taf. 240, 3**) feststellen. Die zweite Lage zeigt ein sehr inhomogenes Erscheinungsbild. Sie weist viele Hohlräume auf, die Gefügebestandteile sind sehr unregelmäßig verteilt. Neben zahlreichen Holzkohleeinschlüssen sind wenige Eisenpartikel zu erkennen. Das Gefüge besteht hauptsächlich aus Wüstit (mit Entmischungen) und fayalitischer Olivin. Die unterste Schicht lässt primär ausgeschiedenen Wüstit erkennen, der dendritenförmig oder regellos angeordnet ist. Es sind keine leistenförmige Fayalite vorhanden, der Wüstit scheint in eine hellgraue Matrix (**Taf. 240, 4**) eingelagert zu sein.

LITERATUR

- Bálint 1991: Csanád Bálint, Die spätaurenezeitliche Siedlung von Eperjes (Kom. Csongrád). *Varia Arch. Hungarica* 4 (Budapest 1991).
- Bielenin 1976: Kazimierz Bielenin, Eingetieft Rennöfen der frühgeschichtlichen Eisenverhüttung in Europa. In: Herbert Mitscha-Märheim / Herwig Friesinger / Helga Kerchler (Hrsg.), *Industriearchäologie und Metalltechnologie, Römerzeit, Frühgeschichte und Mittelalter II*, Festschrift für Richard Pittioni. *Arch. Austriaca Beih.* 14 (Wien 1976) 13-27.
- 1977: Kazimierz Bielenin, Übersicht der Typen von altertümlichen Rennöfen auf dem Gebiet Polens. *Wiss. Arbeiten Burgenland* 59 (Eisenstadt 1977) 127-146.
- 1991: Kazimierz Bielenin, Frühgeschichtliches Eisenhüttenwesen im Heiligkreuzgebirge. *Mat. Arch.* 26, 1991, 7-15.
- 1994: Kazimierz Bielenin, Der Rennofen vom Typ Burgenland in der frühgeschichtlichen Eisenverhüttung in Mitteleuropa. In: Michael Mangin, *La sidérurgie ancienne de l'est de la France dans son contexte européen*. *Ann. Litt. Univ. Besancon* 36 1994, 255-267.
- 1998/99: Kazimierz Bielenin, Einige Bemerkungen zu den Rennofenschlacken der Schlackengrubenöfen. *Arch. Austriaca* 82-83, 1998/99, 523-528.
- Bóna 1973: István Bóna, VII. századi avar települések és Árpád – kori magyar falu Dunaújvárosban. *Fontes Archaeologici Hungariae*, Budapest 1973.
- Daim 1991: Falko Daim, Gräberfeld Zillingtal. *Fundber. Österreich* 30, 1991, 321.
- 1996: Falko Daim, Das awarische Gräberfeld von Zillingtal. In: Hunnen und Awaren. *Reitervölker aus dem Osten*. Burgenländische Landesausstellung 1996. Begleitbuch und Katalog (Eisenstadt 1996) 417-423.
- 1998: Falko Daim, Das awarische Gräberfeld von Zillingtal. Sechs Gräber mit »westlichen« Gegenständen. *Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland* 100, 1998, 97-136.
- Daim / Distelberger 1994: Falko Daim / Anton Distelberger, Gräberfeld und Siedlung Zillingtal. *Fundber. Österreich* 33, 1994, 615.
- Daim / Distelberger 1996: Falko Daim / Anton Distelberger, Die awarische Siedlung von Zillingtal – Die Grabungen 1994-1995. In: Hunnen und Awaren. *Reitervölker aus dem Osten*. Burgenländische Landesausstellung 1996. Begleitbuch und Katalog (Eisenstadt 1996) 372-378.
- Evangelou 1995: Vasilios Petros Evangelou, *Pyrit Oxidation and its Control* (New York / London / Tokio 1995).
- Ganzelewski 2000: Michael Ganzelewski, Archäometallurgische Untersuchungen zur frühen Verhüttung von Raseneisenerzen am Kamberg bei Jodelund, Kr. Nordfriesland. In: Alfred Haffner / Hauke Jöns / Joachim Reichstein (Hrsg.), *Frühe Eisengewinnung in Jodelund, Kr. Nordfriesland, Ein Beitrag zur Siedlungs- und Technikgeschichte Schleswig-Holsteins*. Teil 2: *Naturwissenschaftliche Untersuchungen zur Metallurgie- und Vegetationsgeschichte*. *Univforsch. prähist. Arch.* 59 (Bonn 2000) 3-101.
- Heckenast et al. 1968: Gusztáv Heckenast / Gyula Novaki / Gabor Vastagh / Endre Zoltay, *A magyarországi vaskohászat története a korai középkorban (A honfoglalástól a 13. sz. közepéig)* (Budapest 1968).
- Gömöri 1975: János Gömöri, Archäologische Eisenforschung in Westungarn. *Wiss. Arbeiten Burgenland* 59 (Eisenstadt 1975) 83-99.
- 1977/78: János Gömöri, Meldung über die Forschungen der Fundorte des Westungarischen Eisenerzgebietes im Komitate Győr-Sopron. *Arrabona* 19/20, 1977/78, 109-158.
- 1980: János Gömöri, Frühmittelalterliche Eisenschmelzöfen von Tarjánpuszta und Nemeskár. *Acta Arch. Acad. Scien. Hungaricae* 32, 1980, 317-344.
- 1989: János Gömöri, The hungarian Bloomeries. In: Radomir Pleiner, *Archaeometallurgy of Iron – International Symposium of the Comité pour la sidérurgie ancienne de l'UISPP*, Libice 5.-9. Oktober 1987 (Praque 1989) 125-138.
- 1999a: János Gömöri, Preliminary Report on the Excavations of 10th Century-AD Iron Smelting Workshops at Somogyfajsz and Sopron-Potzmann site, Előzetes jelentés a somogyfajszai és soproni X. századi vasolvasztó helyek ásatásáról. In: János Gömöri (Hrsg.), *Hagyományok és újítások a korai középkori vaskohászatban – Traditions and Innovations in the Early Medieval Iron Production* (Sopron 1999) 170-191.
- 1999b: János Gömöri, Nemeskér-type Iron Smelting Workshops from the Time of the Onogur Colonization of Pannonia, Excavations at Zamárdi. In: János Gömöri (Hrsg.), *Hagyományok és újítások a korai középkori vaskohászatban – Traditions and Innovations in the Early Medieval Iron Production* (Sopron 1999) 149-159.
- 2000a: János Gömöri, Az Avar kori és X-XI századi vaskohászat régészeti emlékei Somogy Megyében. *Somogyi Múz. Közl.* 14, 2000, 165-218.
- 2000b: János Gömöri, Az Avar kori és Árpád-kori vaskohászat régészeti emlékei Pannoniában = The archaeometallurgical sites in Pannonia from the Avar and Early Árpád period (Sopron 2000).
- Gömöri et al. 1999: János Gömöri / Peter Marton / Ede Hertelendy / Lázár Benkő, Dating of Iron Smelting Furnaces Using Physical Methods. In: János Gömöri (Hrsg.), *Hagyományok és újítások a korai középkori vaskohászatban – Traditions and Innovations in the Early Medieval Iron Production* (Sopron 1999) 142-198.
- Jöns 1997: Hauke Jöns, Frühe Eisengewinnung in Jodelund, Kr. Nordfriesland, ein Beitrag zur Siedlungs- und Technikgeschichte Schleswig-Holsteins. *Univforsch. prähist. Arch.* 40/1 (Bonn 1997).

- 1999: Hauke Jöns, Schuby und Süderschmedeby. Zwei kaiserzeitliche Eisengewinnungszentren am Heerweg. *Offa* 56, 1999, 67-81.
- Katzer 1967: Ernst Katzer, Alte Bergbaue in Niederösterreich (I). *Arch. Austriaca* 42, 1967, 80-89.
- 1968: Ernst Katzer, Alte Bergbaue in Niederösterreich (II). *Arch. Austriaca* 43, 1968, 125-139.
- Koch 2000: Rudolf Koch (Hrsg.), Experimentell gestützte Grundwasserbeschaffungsprognose zur Untersuchung des Gefährdungspotentials von Innenkippen in Tagebauresteseen TP 1: Laborative Parameterermittlung (BTU Cottbus). *Siedlungswirtschaft und Umwelt* 5a, Cottbus 2000. http://www.tu-cottbus.de/BTU/Fak4/Wasstech/aktuell/Heft_5b.pdf [Stand: 9.3.2009].
- Költö 1999: Laszlo Költö, The early medieval Furnaces of Somogyvámos-Gyümölcsény sites. In: Janos Gömöri (Hrsg.), *Hagyományok és újítások a középkori vaskohászatban – Traditions and innovations in the Early Medieval Iron Production* (Sopron 1999) 199-202.
- Landestopographie 1963: Burgenländische Landesregierung (Hrsg.), *Allgemeine Landestopographie des Burgenlandes* (Eisenstadt 1963).
- Mehofer 2006: Mathias Mehofer, Metallurgische Untersuchungen an einem Säbel aus dem ungarischen Reitergrab von Gnadendorf. In: Falko Daim – Ernst Lauerer (Hrsg.), *Das frühungarische Kriegergrab aus Gnadendorf, Niederösterreich*. Monogr. RGZM 64 (Mainz 2006) 159-174.
- Melcher / Schreiner 2004: Michael Melcher / Manfred Schreiner, Materialanalytische Untersuchungen von Silberproben des Schatzfundes von Fuchsenhof mittels energiedispersiver Elektronenstrahlmikroanalyse im Rasterelektronenmikroskop. In: Bernhard Prokisch / Thomas Kührtreiber (Hrsg.), *Der Schatzfund von Fuchsenhof*. Stud. Kulturgesch. Oberösterreich 15 (Linz 2004) 325-345.
- Melichar / Neubauer 1993: Peter Melichar / Wolfgang Neubauer, *Magnetische Prospektion Zillingtal / Burgenland 1993* [unpubl. Manuskript, Wien 1993] 1-8.
- Mikkelsen 1997: Peter M. Mikkelsen, Straw in Slag Pit Furnaces. In: Lars Christian Nørbach (Hrsg.), *Early iron production: archaeology, technology and experiments*, Nordic Iron Seminar, Lejre, July 22nd to 28th, 1996. Technical report, Hist. Arch. Experimental Centre 3 (Lejre 1997) 63-71.
- Nováki 1966: Gyula Nováki, Überreste des Eisenhüttenwesens in Westungarn. In: *Festschrift für Alphons A. Barb*. Wiss. Arbeiten Burgenland 35 (Eisenstadt 1966) 163-198.
- 1969: Gyula Nováki, Archäologische Denkmäler aus dem 10-12. Jahrhundert. *Arch. Acad. Scien. Hungaricae* 21, 1969, 299-331.
- Pleiner 1958: Radomir Pleiner, Die Grundlagen der slavischen Eisenindustrie in den böhmischen Ländern. *Mon. Arch.* 6 (Prag 1958).
- 1962: Radomir Pleiner, *Staré evropské kovářství stav metalografického výzkumu* Alteuropäisches Schmiedehandwerk Stand der metallkundlichen Forschung. *Archeologické Stud.* 1 (Prague 1962).
- 1967: Radomir Pleiner, Die Technologie des Schmiedes in der Großmährischen Kultur. *Slovenská Arch.* 15/1, 1967, 77-188.
- 1975: Radomir Pleiner, Eisenschmiede im frühmittelalterlichen Zentraleuropa. Die Wege zur Erforschung eines Handwerkszweiges. *Frühmittelalterl. Stud.* 9, 1975, 79-93.
- 1982: Radomir Pleiner, Die Herstellungstechnologie germanischer Eisenwerkzeug und Waffen aus den Brandgräberfeldern der Südslowakei. *Slovenska Arch.* 30, 1982, 79-121.
- 1983: Radomir Pleiner, Neue Entdeckungen von römerzeitlichen Eisenhütten in den böhmisch-mährischen Siedlungsräumen. In: Michael Müller-Wille / Karl-Wilhelm Struve (Hrsg.), *Festschrift für Hans Hingst zum 75. Geburtstag*. *Offa* 40 (Neumünster 1983) 63.
- 1989: Radomir Pleiner (Hrsg.), *Archaeometallurgy of Iron International Symposium of the Comité pour la sidérurgie del UISPP*, Libice 5.- 9. Oktober 1987 (Prague 1989).
- 2000a: Radomir Pleiner, Das Eisen und die Grenze. In: Herwig Friesinger et al. (Hrsg.), *Metallgewinnung und Verarbeitung in der Antike* (Schwerpunkt Eisen). *Arch. Slovaca Monogr.* 3 (Nitra 2000) 27-33.
- 2000b: Radomir Pleiner, *Iron in Archaeology – The European Bloomery Smelters* (Praha 2000).
- Schmid 1975: Hans Schmid, Die montangeologischen Voraussetzungen des ur- und frühgeschichtlichen Eisenhüttenwesens im Gebiet des mittleren Burgenlandes (Becken von Oberpullendorf). *Wiss. Arbeiten Burgenland* 59 (Eisenstadt 1975) 11-24.
- Schmidt 1997: Stefan Schmidt, Neue awarische Funde aus den Bezirken Eisenstadt-Umgebung und Wiener Neustadt. *Arch. Austriaca* 81, 1997, 247-253.
- Schroll 1997: Erich Schroll, Geochemische und geochronologische Daten und Erläuterungen. In: Leopold Weber, *Handb. der Lagerstätten der Erze, Industriemineralien und Energierohstoffe Österreichs*, *Archiv Lagerstättenforsch.* 19 (Wien 1997) 395-538.
- Schwab et al. 2006: Roland Schwab / Dieter Heger / Bernd Höppner / Ernst Pernicka, The Provenance of Iron Artefacts from Manching: A multitechnique Approach. *Archaeometry* 48/3, 2006, 431-450.
- Souchopová 1989: Vera Souchopová, Neue Ausgrabungen der frühmittelalterlichen Verhüttungsstätten in Westmähren. In: Radomir Pleiner (Hrsg.), *Archaeometallurgy of Iron International Symposium of the Comité pour la sidérurgie del UISPP*, Libice 5.-9. Oktober 1987 (Prague 1989).
- Sperl 1982: Gerhard Sperl, Norisches Eisen – Versuche einer Herkunftsdefinition. *Berg- und Huttenmannische Monatshefte*, 127 Heft 7, 263-265.
- 1985: Gerhard Sperl, Die Technologie des Ferrum Noricum. *Lebendige Altertumswissenschaften*. Festgabe zur Vollendung des 70. Lebensjahres von Hermann Vetters, Wien 1985, 410-416.

- 1988: Gerhard Sperl, Der Ferrum Noricum Prozess. Montangeschichte des Erzberggebietes nach archäologischen und schriftlichen Dokumenten. Habilitationsschrift für des Lehrgebiet Geschichte und Archäologie des Montanwesens, Universität Wien 1988, 205-225.
- Stadler 2005: Peter Stadler, Quantitative Studien zur Archäologie der Awaren. Mitt. Prähist. Komm. Österreichische Akad. Wiss., Phil.-Hist. Kl. 60 (Wien 2005).
- Takács 1996: Miklós Takács, Die awarenzeitlichen Siedlungen von Lébény. In: Hunnen und Awaren. Reitervölker aus dem Osten. Burgenländische Landesausstellung 1996. Begleitbuch und Katalog (Eisenstadt 1996) 379-382.
- Vastagh 1972: Gábor Vastagh, Metallurgische Folgerungen aus den Ausgrabungsfunden der Eisenverhüttung des 11.-12. Jahrhunderts. Arch. Acad. Scien. Hungaricae 21, 1972, 241-260.
- Weber / Weiss 1983: Leopold Weber / Alfred Weiss, Bergbaugeschichte und Geologie der österreichischen Braunkohlevorkommen. Archiv Lagerstättenforsch. geol. Bundesanstalt 4 (Wien 1983).
- Ylaçın / Hauptmann 1995: Ünsal Ylaçın / Andreas Hauptmann, Archäometallurgie des Eisens auf der Schwäbisch Alb. Forschungen und Berichte Vor- und Frühgeschichte Baden-Württemberg 55, 1995, 269-310.

ABBILDUNGSNACHWEIS

- Abb. 1: Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 77, Detailausschnitt. © BEV 2008, EB 2008|00612.
- Abb. 2: Ausschnitt von Beil. 2. Graphik: Hajnalka Herold, Ingrid Adenstedt, Nicole Pieper, Ulrike Fornwagner.
- Abb. 3: Ingrid Adenstedt, Ulrike Fornwagner u. Nicole Pieper sowie Wolfgang Neubauer - ZAMG, ArchaeoProspections.
- Abb. 4 u. 7: Verf.
- Abb. 5: Ingrid Adenstedt, Ulrike Fornwagner, Nicole Pieper u. Mathias Mehofer.
- Abb. 6: Erich Nau, Klaus Löcker, Mathias Mehofer, Vienna Institute for Archaeological Science.
- Abb. 8: ÖK 77, Weber / Weiss 1983, Abb. 92.
- Tafel 2211-229: Photos: Christian Stöckl, Winfried Kunz, Institut für Ur- und Frühgeschichte Wien.
- Tafel 230-240: Photos: Gabrielle Gattinger, Olivia Christos, Babara Kernmayer, Marcella Wallner, Fiona Zischek, Photolabor des Instituts für Ur- und Frühgeschichte Wien.
- Tafel 235-240: Alle Gefügebilder: Verf.