

Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte	Band	Seite	Stuttgart 2012
NNU	81	231 – 246	Konrad Theiss Verlag

Karolingische Eisengewinnung am Iberg bei Bad Grund, Ldkr. Osterode a. Harz

Von

Friedrich-Albert Linke, Cornelia Kriete und Lothar Klappauf

Mit 14 Abbildungen und 2 Tabellen

Unserem Freund Hans W. Heine † gewidmet, der auf mannigfache Weise und mit kollegialer Diskussionsbereitschaft die Arbeit der Montanarchäologie von Anbeginn an auch unter schwierigen Umständen gefördert hat.

Zusammenfassung:

Die Erweiterung des Winterberg-Steinbruchs ermöglichte erstmals die archäologische Untersuchung eines großen Bergbauareals, dessen frühe Nutzung seit den Grabungen in Düna vermutet wird. Die Entdeckung eines Eisenverhüttungsplatzes aus karolingischer Zeit im Bergbauggebiet in unmittelbarer Nachbarschaft auch alter Grubenmeiler unterstreicht die bisher vernachlässigte Bedeutung der frühen Eisengewinnung im Harz. Die Provenienzanalyse anhand der Schlackenchemie bestätigt die Verhüttung des vor Ort anstehenden manganreichen Spateisensteins bzw. sekundären Limonits. Aufgrund seiner Zusammensetzung ermöglicht dieser Rohstoff die Produktion eines harten Stahles im Rennofen und wurde daher auch schon in früheren Jahrhunderten im Umland des Harzes verhüttet.

Schlüsselwörter: Harz, Iberg, Verhüttung, Bergbau, Grubenmeiler, Rennfeuer, Eisenerz, Schmelzofen, Schlackenanalyse, Provenienz

Title: Carolingian iron smelting near Bad Grund, Osterode District, Harz Mountains (H.T.)

Abstract: Extension of the Winterberg quarry has, for the first time, permitted archaeological investigation of a large mining area that has been suspected to exist since the excavations at Düna. Discovery of an iron-smelting site dated as Carolingian in the mining area near some old mine charcoal-burning sites underlines the importance of early iron smelting in the Harz Mountains, which has so far been seriously neglected. Provenance analysis based on the chemistry of the slag demonstrates that the locally outcropping manganiferous siderite and secondary limonite ores were smelted. This ore, in view of its composition, enabled a hard steel to be produced in the bloomery smelting furnace and, for this reason, it was also smelted in previous centuries around the Harz Mountains. (H.T.)

Keywords: Harz Mountains, Iberg, smelting, mining, mine charcoal pile, bloomery furnace, iron ore, smelting furnace, slag analysis, provenance. (H.T.)

Archäologische Vorgeschichte und Geologie

Die oberdevonischen Riffkalke des Iberg/Winterberg-Komplexes stellen nicht nur aus geologischer Sicht eine Besonderheit des Harzgebirges dar, sondern sind (REINBOTH 1969) auch aus archäologischer Sicht als Bergbaudenkmal ersten Ranges einzustufen.

Das stollartig aufgebaute Riff wird als kompakter Karbonatblock von Kluft- und Störungsscharen durchzogen und ebenso von diesen gegen die umgebenden

Tonschiefer des Unterkarbon abgegrenzt. Viele der hydrothermal mineralisierten Kluft- und Störungsspalten waren ursprünglich in weiten Bereichen von Eisenspat erfüllt, der später durch meteorische Sickerwässer zu Brauneisen, unter Freisetzung von Kohlensäure, umgewandelt wurde. Dieses führte – zonal und lokal – zur Auflösung des karbonatischen Nebengesteins. Folge war eine zusätzliche Aufweitung der Störungs- und Kluftspalten bis hin zur Höhlenbildung im Umkreis der Vererzungen. Die natürliche Tiefenverwitterung und Umwandlung der Eisenerze war von großem Vor-

teil für die frühen Bergleute. Sie brauchten „nur“ die Lösungshohlräume nach dem limonitischen Höhlenlehm abzusuchen. Seine niedrigen Silikat- und Phosphat-, aber hohen Mangangehalte begünstigten die Verhüttung der Erze zur Gewinnung eines besonders langlebigen Eisens.

Der letzte Eisenerzbergbau am Iberg wurde 1885 eingestellt. Sein Alter wird unterschiedlich eingeschätzt, letztlich gibt der Fund Iberger Eisenerze aus der Grabung in Düna/Osterode erstmals sichere Hinweise auf das hohe Alter des Abbaus. In einem über ^{14}C -Analyse in das erste Jahrhundert vor Christi Geburt datierten Befund, vermutlich dem Rest eines Rennfeuerofens, konnte Iberger Eisenerz durch mineralogische Untersuchungen identifiziert werden (BROCKNER et al. 1990, 139).

Damit gewinnen Vermutungen, dass in der dem Iberg vorgelagerten eisenzeitlichen Befestigung Pipinsburg bei Osterode ebenfalls Iberger Eisenerze verarbeitet wurden, an Wahrscheinlichkeit. Bereits mit der Datierung aus Düna gehört der Iberg zu den wenigen, nachweislich eisenzeitlich genutzten Lagerstätten Mitteleuropas. Inwieweit die Lagerstätte Einfluss auf Beziehungen der Pipinsburg zu südlichen Kulturkreisen

hatte, kann bei der heutigen Forschungslage noch nicht entschieden werden.

Die Felswerke GmbH Goslar planten schon seit 1998 die Erweiterung des Winterberger Steinbruches in südöstlicher Richtung in den angrenzenden Iberg (Abb. 1). Aufgrund der bisherigen Kenntnisse über den Eisenerzbergbau am Iberg, der 1885 endete, konnte die Arbeitsstelle Montanarchäologie die archäologische Untersuchung des rund zehn Hektar großen Erweiterungsgebietes dankenswerterweise mit Hilfe eines Teams der Fels-Werke Goslar unter Leitung des Geologen A. Quest und unterstützt durch Dr. E. Walcher durchführen. Mit dem Fortschreiten des Steinbruch-Tagebaus sollen später weitere archäologische Untersuchungen der unterirdischen Bearbeitungsstufen in den zahlreichen Höhlen und Spalten des Kalkgebirges folgen.

Die archäologische Untersuchung im Jahr 2005 erfasste etwa 50 Bergbauhalden (KLAPPAUF et al. 2008) im Erweiterungsgebiet des Steinbruchs (Abb. 2). In den Kluft- und Störungsspalten des oberdevonischen Riffkalkes hat sich Eisenspat gebildet, der sich im Laufe langer geologischer Zeiträume zu Brauneisen umgewandelt hat. Die oberirdisch sichtbaren kleinen



Abb. 1 Iberg, Gmkg. Bad Grund, Gde. Bad Grund, Ldkr. OHA, FStNr. 32.
Die Erweiterung des Kalksteinbruchs Winterberg bei Bad Grund, Ldkr. OHA, greift intensiv in die frühen Bergbaus Spuren am Iberg ein.



Abb. 2 Iberg, Gmkg. Bad Grund, Gde. Bad Grund, Ldkr. OHA, FS/Nr. 32. Gesamtplan der im Erweiterungsgebiet des Winterbergsteinbruchs am Iberg erfassten und dokumentierten Befunde.



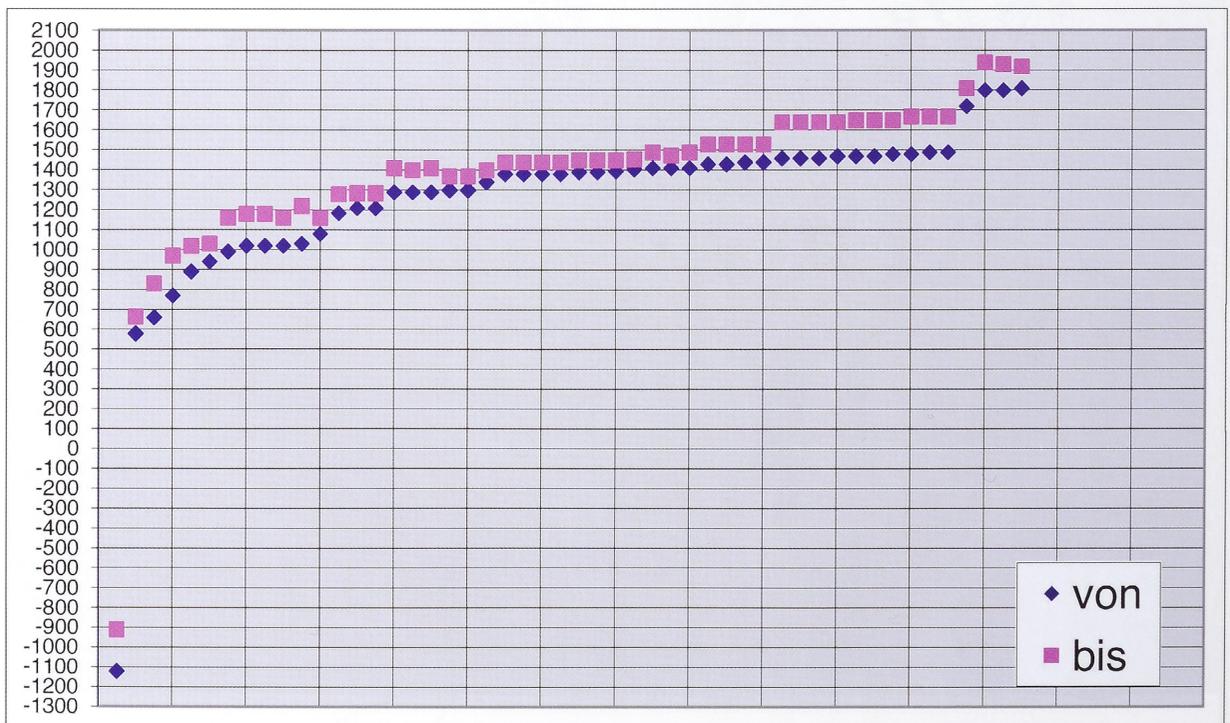
Abb. 3 Iberg, Gmkg. Bad Grund, Gde. Bad Grund, Ldkr. OHA, FStNr. 32.
Schächte des ehem. Eisenerzabbaus setzen schon gleich unter der schützenden Oberfläche an.

Einsturztrichter (Pingen) markieren Schächte, die an schon vorhandenen Hohlformen der Verkarstung (Karstschlotten, Erdfälle und Subrosionsmulden mit eingesunkenen Deckschichten) angelegt wurden. Daraus resultiert die auf dem Übersichtsplan sehr dicht erscheinende Streuung der Pingen und Abraumhalden. Jeweils erfasst werden konnte die ursprüngliche Oberfläche des Ibergs (Abb. 3), die bei der Abtiefung der

Einstiegsschächte und beim Ausräumen der Hohlräume überdeckt wurden. Aus diesen Halden konnten kaum Funde geborgen werden, den einzigen Datierungshinweis geben die ^{14}C -Analysen der systematisch aus den Halden und der darunter liegenden alten Oberfläche geborgenen Proben (Abb. 4). Sie bestätigen den frühen zeitlichen Ansatz der Erzgewinnung für das frühe Mittelalter (um 600 n. Chr.) und führten zur Ausgrabung des bisher einzigen Eisenschmelzplatzes im westlichen Harz aus frühkarolingischer Zeit (um 700 n. Chr.). Intensiv wurde im 13. Jahrhundert, wohl unter Leitung der Zisterzienser aus Walkenried, das Erz abgebaut und Holzkohle für die Verhüttung gewonnen. Hiervon zeugt eine überraschend große Zahl sog. Grubenmeiler (Abb. 5), die oftmals in verfüllten Pingen angelegt wurden und möglicherweise auch im Zusammenhang mit dem großen Hüttenrevier des Zisterzienserklosters Walkenried im benachbarten Pandelbachtal und der Grangie Immedeshusen/Münchehof zu sehen sind.

Die Fundstelle

Im Frühjahr 2005 wurden die Vorarbeiten zur Aufnahme der Haldenprofile von dem Geologen Arnold Quest eingeleitet. Bei der Durchführung der Baggerschnitte beobachtete er auf einer kleinen Geländestufe oberhalb der Pinge 4 im Komplex B (vgl. Abb. 6) unmittelbar am Hüppelweg Fließschlacke in Kombination mit Ofenwandbruchstücken. Diese bisher unbekannte



Schlackenfundstelle im Abbaugbiet machte neben den Haldenschnitten eine weitere Untersuchung notwendig.

Weshalb die Fundstelle in unmittelbarer Nähe des stark frequentierten Hüppelwegs bisher unerkant blieb, verwundert zunächst, wird aber angesichts der Überlagerung der vergleichsweise kleinen Schlackenhalde durch Hangerosionsschichten und Humusauflage verständlich. Einer Entdeckung durch die von der Montanarchäologie des Westharzes angewendete Bachbettprospektion entzog sich der Schmelzplatz durch seine Lage abseits eines jeden Wasserlaufs.

Der Hüppelweg führte in einer trockenen von WSW ansteigenden Erosionsrinne zwischen dem nordwestlichen Winterberg und dem südöstlichen Iberg vom Hübichenstein über den Sintrams-Brunnen auf die Höhe. Dieser Wanderweg hatte seinen Ursprung in einem Hohlweg, der auch für Erztransporte genutzt wurde, wie zwei während der Ausgrabung aufgefundene Stücke dort verlorenen Rammelsberger Erzes verrieten. Die Fundstelle befand sich in 520 Metern Höhe NN unmittelbar an der östlichen Seite des Wegs im Winkel zwischen ihm und einer Pinge. Dort zeichnete sich ein kleines Plateau von NW–SO 10 m Länge und maximal 1,80 Meter Tiefe ab (Abb. 6). Das ursprüngliche Erscheinungsbild war durch das Abholzen des Wald-

bestandes und die Baggertätigkeit im Bereich der Pinge, in deren Zuge auch die Humusauflage des Plateaus abgezogen wurde, verändert worden. Die bei diesen Arbeiten freigelegten Schlacken und Ofenwandbruchstücke konzentrierten sich an der Umbruchkante und Böschung im südöstlichen Teil.



Abb. 5 Iberg, Gmkg. Bad Grund, Gde. Bad Grund, Ldkr. OHA, FStNr. 32.

Die Pingens, die nach der Aufgabe eines Abbauschachtes durch Rutschung und Erosion entstanden, wurden für die Anlage von Grubenmeilern genutzt.



Abb. 6 Iberg, Gmkg. Bad Grund, Gde. Bad Grund, Ldkr. OHA, FStNr. 32.

Fundstelle von NNO, das Plateau mit den Verhüttungsspuren überdacht im Vordergrund, dahinter der Schnitt durch die Pinge 4 im Komplex B, am rechten Bildrand der Verlauf des Hüppelwegs.

Durchführung der Grabung

Schon beim ersten Überarbeiten der Fundstelle verdichtete sich der durch die Verteilung der Schlackenfunde gewonnene Eindruck von Schmelzaktivitäten ausschließlich im südöstlichen Teil des Plateaus. Ein rechtwinklig zur Längsrichtung des Podiums zentral angelegter Sondagegraben über die Böschung bis zum Weg hinunter, der ursprünglich das Plateau in zwei Schnitte unterteilen sollte, bildete somit für alle folgenden Untersuchungen die westliche Begrenzung. Eine abschließende Kontrolle im nordwestlichen Podiumsbereich bestätigte die Richtigkeit dieser Maßnahme.

Fehlende klare Horizonte führten dazu, dass die durch das stark hängige Gelände unabdingbare Grabung nach natürlichen Schichten eher zu einer „tastenden“, sich an den Schlacken orientierende Reliefgrabung geriet.

Die zeichnerische Dokumentation der insgesamt drei

erarbeiteten Flächen (Plana) wurde mit dem bei den montanarchäologischen Grabungen des Niedersächsischen Landesamtes für Denkmalpflege üblichen EDV-gestützten Trigomatsystem durchgeführt, wodurch aufwendiges Abloten bei der Flächendokumentation und Nivellements entfielen.

Die Befunde

Erste Orientierung brachte das Profil des Sondagegrabens. In ihm zeigten sich die aus der Tiefe auftauchenden Köpfe des anstehenden Kalks von gelbem Verwitterungslehm (Abb. 7, Bef. 10) überdeckt. Diese Auflage war im Einzugsbereich des Hohlwegs abgefahren. Dort wurde das anstehende Gestein zusätzlich von aus dem Fahrbereich ausgeräumtem Material überlagert (Abb. 7, Bef. 13, 21).

Über dem anstehenden Verwitterungslehm ließen sich im gesamten ergrabenen Geländeabschnitt – wie schon

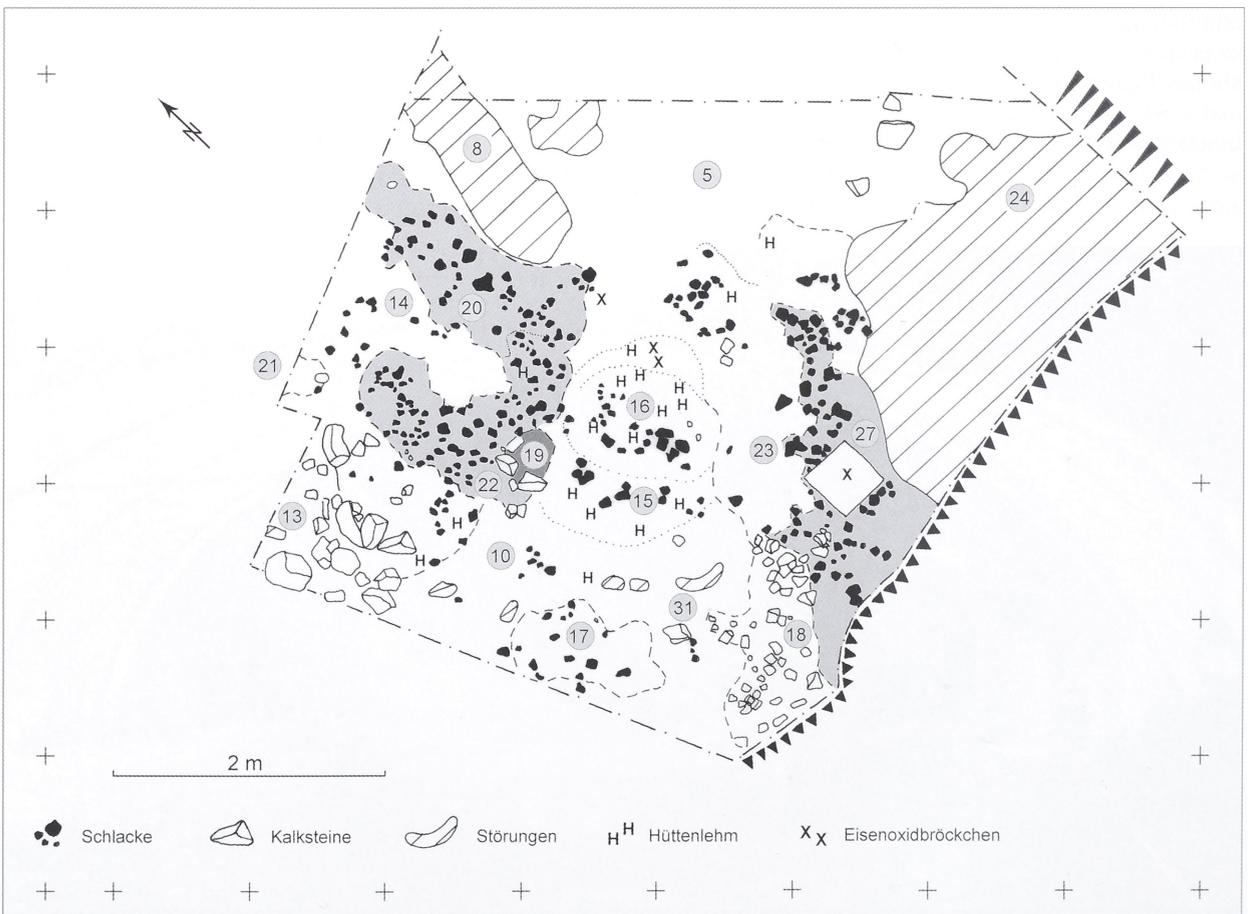


Abb. 7 Iberg, Gmkg. Bad Grund, Gde. Bad Grund, Ldkr. OHA, FStNr. 32.

Fläche 15, 14, 31: Übergangshorizont, 8: Baggerstörung, 10: anstehender Verwitterungslehm, 13: Wegetrasse, 15: Ofenverfallsschichten, 16: Schlackekonzentration, 18: Pingenaushub, 19: Pfstengrube, 20, 22: Humose Schichtablagerung mit Schlacke, 24: Störung durch Wurzelwurf, 23: Schlackefreie Zone, im Profil muldenartige Vertiefung, 27: Humose Schichtablagerung mit Schlacke.

erwähnt – keine klaren Begehungshorizonte oder Laufsichten erfassen. Die Befunde trennten sich mehr oder weniger nur durch geringe Farbunterschiede bzw. durch unterschiedliche Konzentrationen ihrer Fundbeimengungen.

Die Ursachen werden zum einen in der bereits genannten starken Bioturbation zu suchen sein, zum anderen – wie sich im Nachhinein herausstellen sollte – in der kurzen Nutzungszeit, wodurch nur wenige klare, dafür aber aussagekräftige Befunde herausgearbeitet werden konnten.

In Fläche 1 (*Abb. 7*) wurde die Ebene des Podiums von einer bis zu 0,20 m starken hellgelben lehmigen befundfreien Auflageschicht bedeckt, wenige Holzkohlepartikel, Hüttenlehmbröckchen und Schlacken waren durch die zahlreichen Tiergänge und Wurzeln verlagert worden (*Abb. 7, Bef. 5*). Ein dicht mit humosen Bestandteilen durchsetzter Grubenkomplex im äußersten Osten am Ende des Plateaus, in dem immer wieder nestartig Schlacken eingelagert waren, ließ sich durch einen Profilschnitt als Wurzelwurf eines Laubbaums identifizieren (*Abb. 7, Bef. 24*). Durch den stürzenden Baum war ein Teil des Schlackenniederschlags bis tief in den anstehenden Boden verlagert worden.

In den nunmehr verbliebenen ungestörten Bereichen, also vorwiegend an der Geländekante des Plateaumbruchs und an dessen Böschung, hatten sich originale Befunde erhalten wie die der Ofenanlage (*Abb. 7, Bef. 15*). Zentral in der ersten erarbeiteten Fläche dominierte eine ruhige, einheitlich mittelgelb-rotbräunliche Lehmschicht mit fließenden Übergängen zum umgebenden anstehenden Verwitterungslehm. Braunrote Bestandteile waren auf verwittertem Hüttenlehm zurückzuführen, es waren nur wenige Flitter von Holzkohle vorhanden, die allerdings ausreichten, um mit Fundnummer FNr. 145 eine datierbare Probe zu sammeln. Die Begrenzung dieser Schicht war nur zu erahnen. In ihrer Mitte erhob sich eine kleine Kuppe von ca. 1,20 m Durchmesser. Auch sie war rötlich angehaucht mit fließenden Übergängen, jedoch nun mit vermehrten Anteilen festen Hüttenlehms. Zentral eingelagert befanden sich teilweise geformt wirkende Schlacken und Ofenwandbruchstücke (*Abb. 7; 8, Bef. 16; Abb. 10*). Diese beiden Befunde stellten offensichtlich das Verfallsprodukt eines Ofens dar. An ihrem nördlichen Rand, auf der Plateaubene, lagen einige kleine formlose, stark oxidierte Eisenbröckchen.

Der Bereich zwischen der Störung des Wurzelwurfs im Osten und den Ofenbefunden war von einer mittelgraubraunen, locker humos-lehmigen Schichtablagereung bedeckt, in die nach Osten zur Störung hin zunehmend Schlacken eingelagert waren (*Abb. 7, Bef. 27*). In einem Profil, das nach der Dokumentation der ersten Fläche zur Klärung der mit dem Wurzelwurf zusammenhängenden Befunde angelegt und durch die west-

lich angrenzenden Befunde geführt wurde, zeichnete sich unter der Schlacke führenden Schicht (27) eine zum Ofenstandort hindeutenden muldenartige Vertiefung von 30 cm Breite und 10 cm Tiefe ab, die von der umgebenden Schlackenstreuung ausgespart worden ist (*Abb. 7, Bef. 23*).

Befund 23 entwickelte sich in Fläche 2 nach Abnahme der Erosionsschicht zunächst zu einer östlich an den Ofenversturz angrenzenden, schwach erkennbaren hellgelbgrauen, lehmigen Verfärbung mit Spuren von Holzkohle und Hüttenlehm, im Endstadium dann zu einer rinnenartigen Struktur, die unmittelbar östlich des Ofenversturzes beginnend, mit einer Breite von 0,30 m und einer Länge von 1,50 m hangab in Richtung Pingge zog. Wegen starker Wurzelstörungen kann eine Zugehörigkeit des Befundes als „Abstichkanal“ zum Ofen nur vermutet werden.

In dem gleichen Profil konnte eine schlackenfreie hellgraue, dicht mit Kalksteinen und wenigen Kalkspaten durchsetzte Lehmschicht als Pingenaushub identifiziert werden (*Abb. 7, Bef. 18*). Sie überlagerte die oben beschriebene Schlacke enthaltende Schicht (27).

Die Böschung westlich des Ofenstandortes wurde von einer zuvor nur von geringen Humusresten überdeckten Schlackenstreuung überzogen. In den schwarzgrauen, gelbfleckigen, lehmigen, mit Holzkohlestaub und Hüttenlehmteilchen durchsetzten Boden waren Fließschlacken und Ofenwandbruchstücke dicht eingelagert, ohne aber eine ausgesprochene Halde zu bilden. Insgesamt konnten aus dieser Schicht 27 kg Schlacke geborgen werden (*Abb. 7, Bef. 20, 22*). Aus diesem Material stammen die analysierten FNr. 78 (Erz), 93 und 97 (beide als Teile von Ofensäuen angesprochen) und die datierte Holzkohlenprobe FNr. 82 sowie ein Schleifstein.

Zwischen dem Ofenversturz und der Schlackenstreuung befand sich auf halber Hanghöhe eine Pfostenstellung (*Abb. 7, Bef. 19*). In einer Pfostengrube mit 0,65 m Durchmesser und 0,45 m Tiefe begrenzten Verkeilsteine eine Pfostenstandspur von 0,30 m Stärke. Dieser Pfosten blieb im Verlauf der Grabung ohne Entsprechung. Schlacken in der Verfüllung der Pfostengrube sprechen für eine Datierung nach Schmelztätigkeit.

Die Ofenbefunde

Die nachfolgenden Untersuchungen konzentrierten sich auf den Ofenversturz und seine unmittelbare Umgebung. Leider zeigte sich auch dieser Bereich als ehemals dicht durchwurzelt, so dass die Befunde nur fragmentarisch überliefert waren. Nach dem Abbau der kleinen, aus rötlichem fein aufbereitetem Hüttenlehm des verwitterten Ofenschachtes bestehenden Kuppe

der ersten Fläche, zeichnete sich unter deren Zentrum eine kleine Schlackenkonzentration ab (Abb. 7; 8, Bef. 16). Sie setzte sich aus wenigen Fließschlacken, einem kompakteren Schlackenteil und „geformten Schlacken“ zusammen. Diese geformten Schlacken ließen in situ die Zusammengehörigkeit einzelner klottenartig gebogener Bruchstücke erkennen, an ihrer Unterseite haftete reduzierend gebrannter, grauer Lehm (Abb. 10). Im Niveau tiefer liegend wurde eine durch eingelagerten Holzkohlestaub schwarzgraue gefärbte Schicht sichtbar, die sich unter den Verfallsschichten des Ofens erhalten hatte (Abb. 8, Bef. 34). Darunter blickte eine hell-mittelgraue, reduzierend gebrannte Hüttenlehmschicht durch (Abb. 8; 9, Bef. 36). Beide Befunde deuteten eine Muldenform an.

Dieser zentrale Befund wurde von einem zum Plateau hin deutlicheren, zur Böschung fast nur noch zu spürenden ausfleckendem Kranz aus hellgelben, überwiegend aber rötlichvioletten Lehmflecken umgeben, der sich im Übergangshorizont zum Anstehenden abzeichnete. Der Durchmesser dieser Zone betrug etwa 1,10 Meter. An diese Zone grenzte das oben erwähnte rinnenartige Gräbchen (Abb. 7–9, Bef. 23) unmittelbar an.

Die Untersuchung des Befundes erfolgte mittels eines Kreuzschnittes. Im Nordwestprofil des nordöstlichen Quadranten wurde eine mittelviolettgraue plastische Lehmschicht ohne Beimengungen in einer Stärke von noch 5 cm sichtbar, die sich vom Lehm des ockergelben anstehenden Bodens abhob (Abb. 9, Bef. 37). In dieser Klarheit war sie in der Vorfläche nicht zu er-

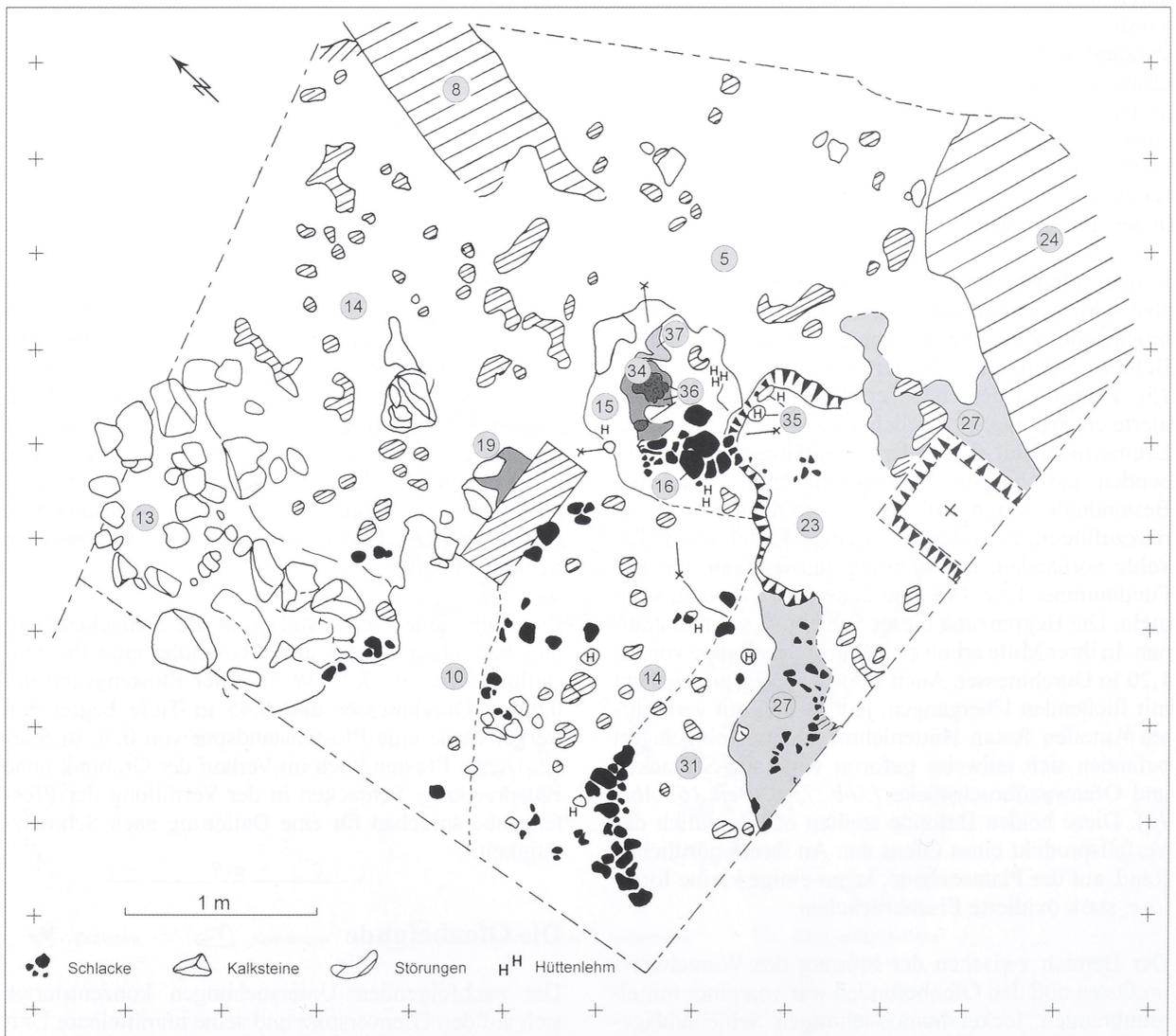


Abb. 8 Iberg, Gmkg. Bad Grund, Gde. Bad Grund, Ldkr. OHA, FStNr. 32.

Fläche 2, 5, 14, 31: Übergangshorizont, 10: Anstehender Boden, 13: Wegtrasse, 16: Schlackekonzentration, 19: Pfostengrube, 23: muldenartige Vertiefung, Abstichgerinne?, 27: Humose Schichtablagerung mit Schlacke, 34: schwarzgraue holzkohlehaltige Schicht, 35: zwei Hüttenlehmbröckel, 36: reduzierend gebr. Hüttenlehm, 37: eingebrachter plastischer Lehm.

kennen. Bei einer Nachuntersuchung im verbliebenen Nordwestquadranten zeichnete sie sich deutlich als Kreissektor ab, dessen Mitte der oben genannte reduzierend grau verziegelte Lehm bildete. In keinem der anderen Quadranten war die Schicht derart deutlich sichtbar. Der violettgraue Lehm entsprach dem in den Höhlen des Iberges natürlich vorkommenden Lehm. Er wurde also bewusst zur Erstellung der Ofenbasis herangeschafft und genutzt. Der aus dem Sektor rekonstruierte Kreis entsprach dem oben bereits genannten Durchmesser von ca. 1,10 m. Im Profil ist deutlich geworden, dass es sich bei dem gebrannten Lehm um eine zentral verziegelte Mulde in eben diesem Höhlenlehm handelte. Der Durchmesser dieser Mulde betrug etwa 0,60 m. Material und Farbe waren identisch mit den Anhaftungen an den geformten Schlacken. Dieser Befund zum Ofenunterbau ließ sich lediglich im Südwestprofil des Nordostquadranten fragmentarisch bestätigen, in allen anderen Profilen zeigten sich nur noch fleckige Zonen über dem anstehenden Boden.

Die Funde

Das Fundmaterial spiegelt das spröde Fundgut montanarchäologischer Ausgrabungen wider: Schlacken, Ofenwandbruchstücke, kleine Eisenabfälle und Erzbrocken – Material, das die Rekonstruktion der durchgeführten Prozesse ermöglicht. Jedoch konnte auf dem Schmelzplatz am Iberg kein Keramikfund geborgen werden, selbst die andernorts im Zusammenhang mit Eisenschmelzöfen aufgefundenen Windformen fehlen.

Als Ursache könnte auch hier die Aufarbeitung dieses Fundguts durch die in diesen Höhenlagen wechselnden Frosteinwirkungen vorgebracht werden, obwohl diese Erklärung nicht ganz zu befriedigen vermag. Zeitlich weit vor dem Schmelzplatz einzugliedern sind zwei Flintfunde. Während ein winziger, aber eindeutiger Abspalt von 1,25 cm Länge (FNr. 59) auch von der Steinschlossflinte eines Jägers stammen könnte, handelt es sich bei einem anderen Artefakt eindeutig um einen nicht näher zu bestimmenden Feuersteinabschlag (FNr. 235)¹.

Als einzige Werkzeuge wurden zwei Wetzsteine aufgefunden. Während der eine aus feinkristallinem Material von 7 cm Länge, allseitig geschliffen, durch seine Lage in der Schlackenkonzentration des Ofenversturzes eindeutig dem Schmelzbetrieb zuzuordnen ist (FNr. 84), ist der andere, aufgefunden in den schluffigen Auflageschichten des Schnittes 1, nicht zeitlich zuzuordnen. Bei ihm handelt es sich um einen 15,5 cm langen Kie-selschiefer mit flüchtigen Schliiffspuren (FNr. 267).

¹ Es ist auffallend, dass bei Ausgrabungen immer wieder Flintartefakte zu Tage kommen. Die Verdichtung spricht gegen die These der in der Vorgeschichte nur gelegentlich von Jägern aufgesuchten höheren Harzlagen.

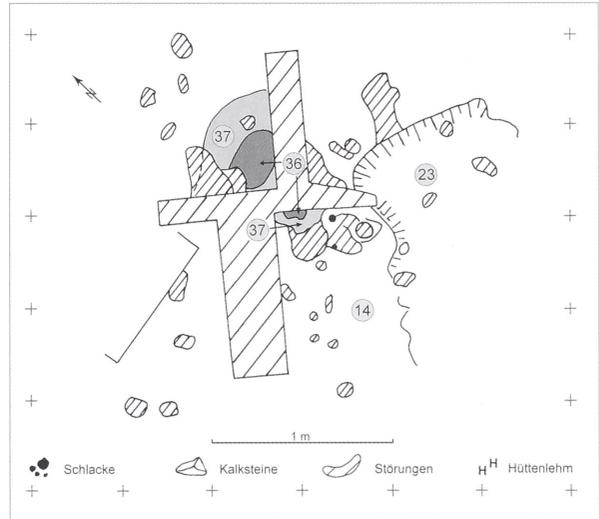


Abb. 9 Iberg, Gmkg. Bad Grund, Gde. Bad Grund, Ldkr. OHA, FStNr. 32. Fläche 3, 14: Übergangshorizont, 23: muldenartige Vertiefung, Abstichgerinne?, 36: reduzierend gebr. Hüttenlehm, 37: eingebrachter plastischer Lehm.

Die bei der Grabung aufgenommenen Schlacken hatten ein Gesamtgewicht von 185 kg, ein Teil der ursprünglichen Gesamtmenge dürfte durch das Abziehen des Oberbodens mit dem Bagger, durch den Wurzelwurf oder die spätere Anlage der Pingel verloren sein.

Im überwiegend aus Fließschlacken bestehenden Fundgut waren die bereits oben erwähnten geformten Bruchstücke auffallend, die ihre Gestalt möglicherweise im Tiegel des Ofens erhielten. Sensibilisiert durch die Konzentration von mehreren geformten Schlacken im Ofenversturz – hier lagen drei Stücke noch im Zusammenhang – wurde versucht, sie zusammensetzen, allerdings mit geringem Erfolg. Der nur über einen kleinen Bogenausschnitt zu rekonstruierende Kreis-

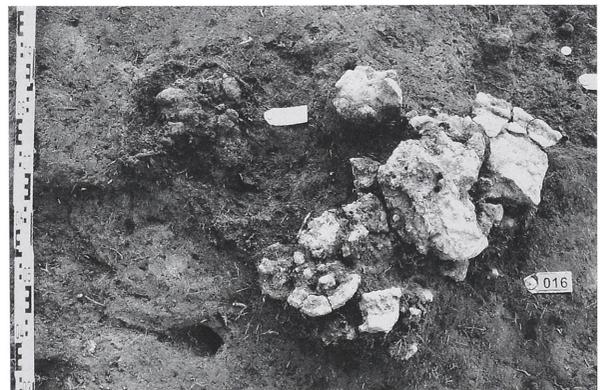


Abb. 10 Iberg, Gmkg. Bad Grund, Gde. Bad Grund, Ldkr. OHA, FStNr. 32. Schlackenkonzentration Befund 16.

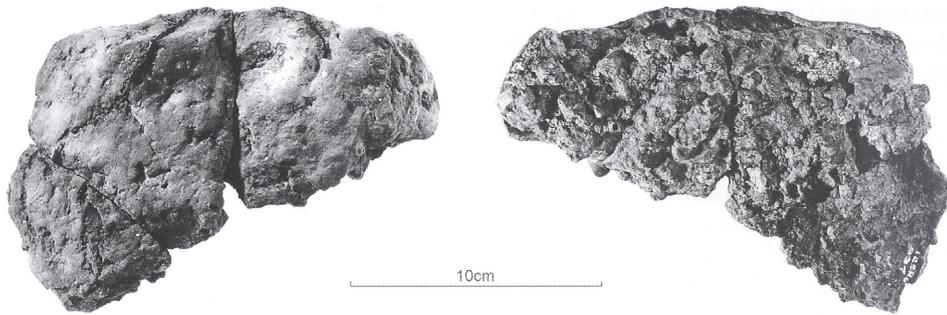


Abb. 11 Iberg, Gmkg. Bad Grund, Gde. Bad Grund, Ldkr. OHA, FStNr. 32. Zusammengefügte geformte Schlacken mit reduzierend gebrannten Lehmresten an der Unterseite.

durchmesser dürfte bei 0,30–0,40 m gelegen haben (Abb. 11). Die Oberflächen dieser geformten Schlacken sind rau schaumig oder buckelig verschmolzen, aber ohne Fließstrukturen.

Vier rundliche Fließschlackenstränge weisen übereinstimmend eine Kröpfung auf (Abb. 12). Drei von ihnen beginnen mit einem Ansatz zum Abstich mit anhaftenden gebrannten Lehmresten, für den sich ein Durchmesser von 6–7 cm andeutet. Die anfangs am Abstich dünn und schnell geflossene Schlacke formte nach ihrem Austritt aus dem Ofen einen kleinen Geländesprung (ca. 8 cm Höhe) ab, bevor sich das Schlackengerinne wieder verflachte.

Bei den auf der Grabung als Ofensäue angesprochenen Schlacken handelt es sich offensichtlich um Teile von Schlackenflüssen, die bei einem Stau oder in Vertiefungen entstanden.

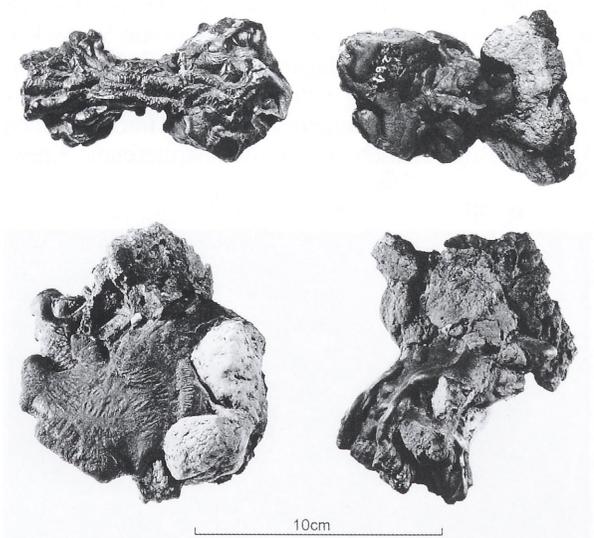


Abb. 12 Iberg, Gmkg. Bad Grund, Gde. Bad Grund, Ldkr. OHA, FStNr. 32. „Gekröpfte“ Schlackenflüsse als Hinweis auf mindestens vier Abstiche.

Die Eisenerzfunde beschränken sich auf kleine formlose Oxidklümpchen, deren Fundlage im Umfeld des Ofenstandortes ihren Zusammenhang mit dem Hüttenprozess nahelegt.

Im Verlauf der Grabung wurden wenige Erzfunde geborgen, zwei dem Fuhrbetrieb zuzuschreibende Stücke Rammelsberger Erzes bereiteten in ihrer Zuweisung wegen ihrer typischen Ausprägung keine Schwierigkeiten. Ungleich schwerer waren die wenigen Eisenerzfunde zu erkennen, von denen sich wenige Stücke zwischen den Schlackeablagerungen fanden.

Auswertung

Der Ofenversturz zeichnete sich zunächst mit den Befunden 15 und 16 als leichte kuppenartige Erhebung aus aufgearbeiteten Hüttenlehmen ab, die mit den Befunden 34, 36 und 37 die Basis eines Rennfeuerofens überdeckten. Trotz erheblicher Schädigung der Befunde durch starke Durchwurzungen und Erschwerung der Befundabgrenzungen aufgrund fließender Farbübergänge lassen sich folgende Angaben zum Bau des Ofens und zu seiner Rekonstruktion erschließen:

In die Umbruchkante des kleinen Plateaus wurde eine kreisförmige Vertiefung mit einem Durchmesser von 1,10 m waagrecht – zum Berg hin tiefer, zum Tal flacher eingeebnet und mit rötlichem, festem Lehm ausgefüllt (Bef. 37), wobei im Zentrum dieser Basischicht eine Eintiefung von 0,30 m Durchmesser als Tiegel geformt wurde. Über der äußeren Zone der Lehmplatte errichtete man den Ofenschacht mit einer Wandstärke im unteren Bereich von etwa 0,25 m, so dass das Ofeninnenmaß am Schachtfuß 0,60 m einschließlich des zentralen Tiegels betrug. Die verziegelten Bereiche dieser Lehmschicht wurden mit Befund 36 erfasst. Während des Betriebes erfolgte der Abstich der Schlacke aus der Basis des geformten Tiegels. Der Schlackenfluss wurde dabei von einem Gerinne geleitet (Abformungen an den Schlackenunterseiten), wobei zwischen Abstichöffnung und Gerinneansatz ein Höhenunterschied von etwa 0,08 m bestanden haben dürfte, ablesbar an entsprechenden Abformungen durch vier Schlackenflüsse.

Der Verlauf des Gerinnes war nicht eindeutig nachweisbar. Unmittelbar südwestlich des Versturzungkegels des Befundes 16 setzte mit Befund 23 eine Bodenverfärbung an, die nur wenig lockerer und dunkler war als der Übergangshorizont zum Anstehenden. Auf die Auflösungserscheinungen der Befunde durch Bioturbation wurde bereits hingewiesen, sie betrafen das Umfeld des Befundes 23 besonders. Dies mag erklären, weshalb die Breite der Verfärbung in der Fläche nicht klar zu definieren war. Sie lag wohl bei 0,50 bzw. 0,60 m. Der südlichste dokumentierte Teil der Struktur wurde im Südprofil des Schnittes erfasst. Hier zeichnete sich eine Muldenform von 0,30 m Breite ab, überdeckt von humosen Schichten, die ihren Ausgang in der südöstlich angrenzenden Schlackenhalde Befund 27 hatten.

Im Längsschnitt von Befund 16 ausgehend Richtung Pinge verlaufend, zeichnete sich auch die untere Begrenzung der Verfärbung weitgehend aufgelöst, in der Tendenz aber erst leicht, dann stärker mit dem Hang fallend, ab. In der unteren Verfüllung des Befundes bildeten Schlackenfundstücke die Ausnahme, allerdings fanden sich am nördlichen Ende des Befundes 23 an seiner Böschung zwei graue Hüttenlehmbröckchen (Bef. 35), möglicherweise ein Hinweis auf das offene Gerinne zum Zeitpunkt des Ofenabrisses. Der Ofenbefund entspricht damit den bekannten Grabungsbefunden anderer Eisenschmelzplätze (JÖNS 2000. GARNER 2010. KEMPA 2003). Die Menge der noch geborgenen Schlacken könnte darauf hinweisen, dass es sich bei der Fundstelle ursprünglich um eine Batterie aus mehreren Öfen handelte.

Datierung

Eine typologische Datierung durch das Fundmaterial ist nicht möglich. Im gesamten ergrabenen Bereich gab es keinen schmelzplatzzeitlichen Fund, der sich archäologisch zeitlich einordnen ließ. Die zwei geborgenen Wetzsteine können als reine Zweckform für die Zeitbestimmung nicht herangezogen werden.

Auch der Einsatz der zeitlichen Einordnung durch die ¹⁴C-Analyse schien durch die eher spärlichen Holzkohlefundstücke gefährdet. Lediglich zwei Proben aus Befund 20 (nördliche Schlackenhalde, FNr. 82) und Befund 15 (Zerfallskegel des Ofens, FNr. 145) erschienen erfolgsversprechend und wurden der Analyse zugeführt. Die Ergebnisse erscheinen auf den ersten Blick weit gefächert². Für die Holzkohlenprobe aus der Schla-

ckenschicht ergab sich eine Datierungsspanne mit 95,4-prozentiger Sicherheit von 970 n. Chr. mit einem zu 55,6 % abgesicherten Mittelwert um 800 n. Chr. Die Probe aus dem Ofenversturz wurde mit 93,1 % Sicherheit in die Spanne zwischen 660–830 n. Chr. mit einem zu 57,5 % abgesicherten Mittelwert von 685 n. Chr. datiert. Hier ergibt sich auf den ersten Blick eine deutliche Differenz. Wertet man aber die Qualität der Befunde, so ist eine Kontamination der Holzkohlenprobe aus der im Humus eingebetteten Schlackenschicht Befund 20 sehr gut möglich, da durch Erosion Holzkohle von höher am Hang liegenden Meilern wahrscheinlich ist. Die deutlich jüngere Datierung gegenüber dem Mittelwert der Holzkohle – geschützt eingebettet in den Lehm des Ofenversturzes – wird also erklärbar, so dass der Datierung um 685 eine größere Aussagekraft zugestanden werden muss. Die Datierung des Ofens in die karolingische Zeit ist somit sehr wahrscheinlich, zumal sie durch die Einordnung des Ofentyps unterstrichen wird.

Die stratigraphisch als jünger erkannte Bergbauhalde der benachbarten Pinge bestätigte sich in der ¹⁴C-Datierung als dem 14. Jahrhundert zugehörig.

Archäometrische Untersuchungen an Erz- und Schlackenfundstücken

Aus der Schlackenkonzentration von Befund 22 (Schnitt 2 Fläche 1) wurden insgesamt sieben Proben für eine archäometrische Untersuchung ausgewählt. Dazu gehörte ein vermutliches Erz-Fundstück (FNr. 78) sowie sechs zunächst als „Ofensau“ angesprochene weitere Proben (FNr. 93 und 97). Zielsetzung der Untersuchung war neben der Fundansprache aber vor allem die Ermittlung der Zusammensetzung, um daraus Rückschlüsse über die Verhüttung und die verwendeten Erze zu ziehen sowie die Funde mit anderen Verhüttungsplätzen der Region zu vergleichen.

Für die Untersuchung wurden die Probenstücke fein gemahlen, gegläht, mit Lithiumborat zu einer Schmelztablette gegossen und mit wellenlängendispersiver Röntgenfluoreszenz analysiert. *Tabelle 1* gibt die Analyseergebnisse der Hauptelemente und einiger weniger ausgewählter Spurenelemente wieder. Der Großteil der übrigen untersuchten Spurenelemente liegt unter der Bestimmungsgrenze oder streut unsystematisch und wurde daher nicht aufgeführt.

Die Analyse bestätigt die Ansprache des Fundstückes 78 als Eisenerz. Der Eisengehalt ist mit 68,2 % Fe₂O₃ nicht allzu hoch, verglichen z.B. mit einigen Roteisenerzen des Harzes, die über 80 % Fe₂O₃ aufweisen können. Der Rennofenprozess erfordert sehr reiche Erze als Ausgangsprodukt, da ein vergleichsweise hoher Eisenanteil in der Schlacke verbleibt, bzw. notwendig ist, um die dünnflüssige Fayalith-Schlacke zu bilden (z.B.

² Iberg 82/32: 1165±30BP 68,2 % probability, 780AD (4,7 %), 790AD, 800AD (55,6 %), 900 AD, 920AD (7,9 %) 940AD, 95,4 % probability, 770AD (95,4 %) 970AD
Iberg 145/32: 1265±30BP 68,2 % probability, 685AD (57,5 %) 755AD, 760AD (10,7 %) 775AD, 95,4 % probability, 660AD (93,1 %) 830AD, 840AD (2,3 %) 860AD. Atmospheric data from REIMER et al. (2004).

Tab. 1 Analyseergebnisse (Röntgenfluoreszenz-Analytik) der Fundstücke.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Ba	Cu	Pb	V	MnO/Ba
	Gew%	Gew%	Gew%	Gew%	Gew%	Gew%	Gew%	Gew%	Gew%	Gew%	Gew%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Fund 78	Eisenerz	15.66	0.014	0.35	68.17	10.161	0.174	<0.01	0.079	0.134	3.52	12431	<6	31	<9	8.2
Fund 93-2	Ofenwand	75.57	0.895	10.43	5.33	0.464	1.202	0.76	2.874	0.218	0.96	1687	30	40	61	2.8
Fund 93-1	Schlacke	27.03	0.289	3.61	52.37	14.128	2.437	0.13	0.977	0.362	-4.26	16395	30	15	18	8.6
Fund 93-3	Schlacke	20.15	0.197	2.51	62.27	13.868	2.069	0.05	0.758	0.310	-5.54	20333	74	21	17	6.8
Fund 93-4	(Schlacke)	14.16	0.148	1.95	63.72	11.573	1.39	<0.01	0.474	0.298	3.66	13659	30	36	11	8.5
Fund 97-1	Schlacke	21.83	0.187	2.29	52.69	21.145	1.336	0.08	0.857	0.195	-4.8	26357	46	21	24	8.0
Fund 97-2	Schlacke	18.3	0.183	2.52	59.32	14.457	2.62	0.02	0.626	0.372	-1.8	19159	40	14	26	7.5

LOI = Loss of Ignition = Glühverlust (neg. Glühverlust bedeutet Zunahme des Gewichts beim Glühen durch Oxidieren von FeO zu Fe₂O₃)

KRONZ 1997, 12). Der gemessene Eisengehalt ist für den Rennofenprozess ausreichend.

Der Glühverlust (LOI = loss of ignition) der Erzprobe von 3,5 % deutet darauf hin, dass das Erz vermutlich bereits geröstet worden ist. Der für den Iberg typische sekundäre Limonit würde beim Glühen das enthaltene Wasser verlieren ($2 \text{ FeOOH} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$), der primäre Spateisenstein das enthaltene Kohlendioxid, so dass in beiden Fällen ein Glühverlust in der Größenordnung von etwa 15–20 % zu erwarten wäre. Anhand der Analyse lässt sich nicht eindeutig ermitteln, ob es sich bei dem ursprünglichen Ausgangserz um Limonit oder Spateisenstein gehandelt hat. Die geringen CaO Gehalte lassen aber den Limonit wahrscheinlich erscheinen. Der Kieselsäuregehalt des Erzes liegt mit 15,7 % SiO₂ in einer für die Schlackebildung günstigen Größenordnung.

Charakteristisch ist der hohe Mangangehalt des Erzes mit 10,2 % MnO. Dies ist einer der höchsten Mangangehalte von Eisenerzen des Harzes (vgl. KRIETE in Vorb.). Der gemessene Gehalt steht in guter Übereinstimmung mit Literaturdaten der Iberger Eisenerze: z.B. SIMON und STOPPEL (2003, 82) 8–10 % MnO; EINECKE und KÖHLER (1910, 426) 7,7 % MnO im ungerösteten Spateisenstein und 11 % MnO im Brauneisenstein. Das deutet darauf hin, dass die Zusammensetzung der Erze vergleichsweise konstant ist, im Gegensatz z.B. zu den Eisenerzen des Elbingeröder Komplexes, die auch innerhalb eines Lagers sehr stark schwankende Zusammensetzungen aufweisen können (KRIETE in Vorb.). Gleichzeitig fallen die sehr hohen Bariumgehalte von 12500 mg/kg ins Auge. Dieses Spurenelement spiegelt den Gehalt an Baryt bzw. Schwerspat wider. Dieses auffällig schwere Mineral tritt typischerweise als Gangart oder -mineral mit dem Spateisenstein vergesellschaftet auf.

Von den weiteren Fundstücken ist die Probe 93–1 anhand der Analysendaten als sog. Mantelschlacke bzw. (verschlackter) Rest der Ofenwand zu identifizieren. Die Zusammensetzung aus 75,6 % SiO₂, 10,4 % Al₂O₃ und 5,3 % Fe₂O₃ ist hierfür charakteristisch.

Die übrigen „Ofensau“-Proben sind typische fayalithische Rennofen-Schlacken: die Kieselsäuregehalte liegen genau in dem von LEINWEBER und LYCHATZ (1998, 267) genannten Rahmen von 15–30 %. Die Eisengehalte sind verhältnismäßig niedrig (52–64 % Fe₂O₃), aber die Summe von Eisen- und Manganoxiden liegt mit einem mittleren Wert von 73,1 % wiederum im typischen Bereich. Nur die Probe 93-4 weicht geringfügig ab, der geringe SiO₂ Gehalt und vor allem der positive LOI deuten darauf hin, dass es sich um ein anreduziertes Erzstück handelt.

Wie auch im Erz ist der Mangangehalt der Schlacken mit 11–21 % MnO auffällig hoch, das Gleiche

gilt für den Bariumgehalt (ca. 14000–26000 mg/kg). Das MnO/Ba-Verhältnis, das von einigen Autoren als Merkmal für die Provenienz angesehen wird (BUCHWALD, WIVEL 1998, 79. HEIMANN et al. 2000, 138) ist im Erz (8,2) und in den Schlacken (im Mittel 7,9) erstaunlich konstant.

Anhand der chemischen Analysen lassen sich für den Verhüttungsprozess Massenbilanzen in der Form

Erz + Ofenwand + Asche = Eisen (Metall) + Schlacke

aufstellen (z.B. KRONZ, KEESMANN 2003, 268. THOMAS, YOUNG 1999, 157). Für jedes chemische Element müssen die aufsummierten Massen der Ausgangsstoffe den aufsummierten Massen in den Produkten entsprechen. Durch ein mathematisches Verfahren (Minimierung der Residuen; s. KRIETE 2009, 49) lässt sich unter Verwendung der Analysenergebnisse aller Hauptelemente eine Näherung für die relative Beteiligung der verschiedenen Komponenten ermitteln.

Solche Bilanzen wurden für alle fünf Schlackenproben ermittelt. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 2* dargestellt.

Für die Holzkohle- bzw. Aschenzusammensetzung wurden eine mittlere Zusammensetzung nach MISRA et al. (1993, 111) zugrunde gelegt. Eine Variation unter Verwendung spezieller Holzarten hatte keinen Einfluss auf die Ergebnisse. Da die Barium-Konzentrationen immerhin im %-Bereich liegen, wurde die Auswertung unter Einbeziehung der Bariumgehalte wiederholt. Auch dabei ergaben sich keine Änderungen in den Bilanzen.

Die Bilanzen zeigen sehr realistische Ergebnisse: bis auf die Probe 93-4 (anreduziertes Erz) liegt die Metallausbeute bei 14–30 %, im Mittel insgesamt bei 17 %. Das Eisenausbringen, also der Anteil des Eisens aus dem Erz, das als Metall gewonnen werden kann, liegt dementsprechend (die Probe 93-4 ausgenommen) zwischen 30 und 63 %, im gesamten Mittel bei 37 % (44 % ohne Probe 93-4) und damit im typischen Be-

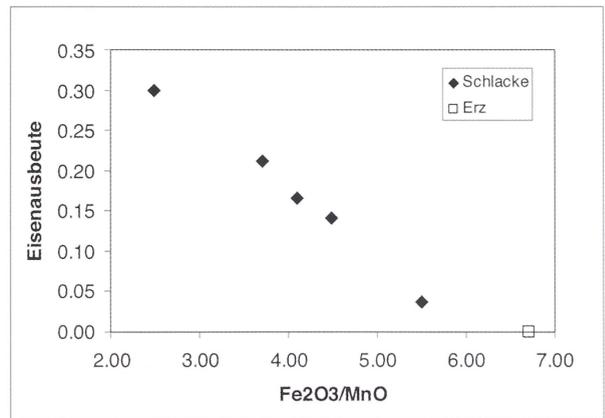


Abb. 13 Zusammenhang von Eisenausbeute und Fe₂O₃ / MnO-Verhältnis.

reich für Rennfeueröfen (HORSTMANN 2003, 236: 20–60 %. SCHÜRMAN 1958, 1307: im Mittel 30 %). Die Bilanzen belegen auch, dass es sich um ein weitgehend selbstgängiges Erz handelt, d.h. es sind nur minimale Beimischungen von der Ofenwand oder aus der Asche notwendig, um die Gehalte in den Schlacken (die Gehalte der Hauptelemente im Metall sind vernachlässigbar) zu erklären. Im Gegensatz dazu benötigen z.B. eisenreiche, aber kieselsäurearme Roteisensteine z.T. erhebliche SiO₂-Zuschläge, z.B. in Form von aufgeschmolzener Ofenwand, um überhaupt die fayalithische (Fayalith = Eisensilikat 2FeO*SiO₂) Schlacke bilden zu können.

Mit fortschreitender Reduktion des Eisens zu Metall steigt die Metallausbeute. Das im Erz enthaltene Mangan verbleibt in der Schlacke und substituiert das Eisen im Fayalith, aber auch im Wüstit, so dass die Summe aus Fe₂O₃ und MnO in der Schlacke weitgehend konstant bleibt. Das Verhältnis von Fe₂O₃ zu MnO spiegelt dabei den Grad wieder, wie weit das Erz reduziert ist. Wie aus der *Abbildung 13* ersichtlich, sinkt mit steigender Eisenausbeute (Metallanteil in der Bilanz) das Fe₂O₃/MnO-Verhältnis in der Schlacke.

Tab. 2 Ergebnisse der berechneten Massenbilanzen.

Probe	Erz*	Ofenwand*	Asche*	Schlacke*	Metall*	Eisenausbringen**
93-1	0.92	0.08	0.00	0.79	0.21	48
93-3	0.99	0.01	0.00	0.86	0.14	30
93-4	0.96	0.00	0.04	0.96	0.04	08
97-1	1.00	0.00	0.00	0.70	0.30	63
97-2	0.98	0.00	0.02	0.83	0.17	35
Mittelwert	0.97	0.02	0.01	0.83	0.17	37

* in Massenanteilen ** in Prozent

Wie erwähnt, ist das MnO/Ba-Verhältnis im Erz und in den Schlacken sehr konstant. Daher lässt sich auch der Barium-Gehalt mit der Eisenausbeute korrelieren, wie in der *Abbildung 14* dargestellt. Anhand der Analyseergebnisse der Schlacken für Eisen, Mangan und Barium lässt sich also unmittelbar die Eisenausbeute für die jeweilige Probe abschätzen.

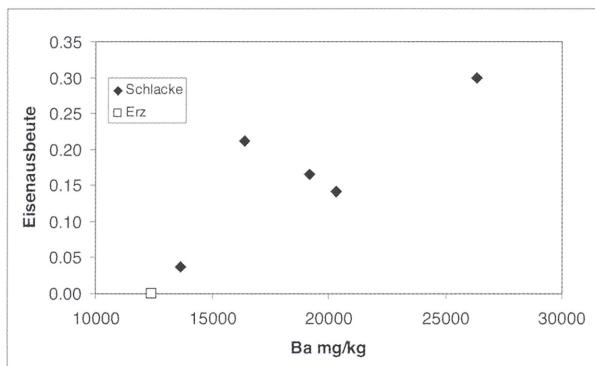


Abb. 14 Zusammenhang von Eisenausbeute und Ba-Gehalt.

Dass sich für die verschiedenen Schlackeproben unterschiedliche Metallausbeuten berechnen lassen, bedeutet nicht zwangsläufig, dass diese Ergebnisse repräsentativ für einen gesamten Ofen stehen und damit von mehreren Öfen auszugehen ist. Vielmehr ist zu berücksichtigen, dass die Verteilung von Eisen und Schlacke im Rennofen keineswegs homogen ist, sondern es ausgeprägte Reaktionszonen gibt, so dass die Zusammensetzung der Produkte stark von ihrem „Platz“ im Ofen, nämlich z.B. von der Temperatur und dem Angebot von reduzierendem Gas abhängt. Dementsprechend ist das Eisenausbringen an unterschiedlichen Stellen im Ofen unterschiedlich weit fortgeschritten. Eine direkte Übertragung der gezeigten Diagramme auf andere Ofenplätze setzt voraus, dass der Chemismus der Ausgangsstoffe, d.h. insbesondere des Erzes, mit der untersuchten Charge vergleichbar ist. Inwieweit diese Voraussetzung gegeben ist, d.h. wie konstant die Erzzusammensetzung der Lagerstätte ist, bleibt im Einzelfall zu prüfen.

Die Iberger Rennfeuerschlacken heben sich von vielen anderen Verhüttungsplätzen durch den hohen Mangan-gehalt ab, der aus den manganreichen Erzen stammt. Diese Besonderheit führte dazu, dass die Schlacken-halden von Bad Grund zu Beginn des 20. Jh. aufgewäl-tigt und als Rohmaterial für die moderne Stahlerzeu-gung verwendet wurden (BODE 1928, 157).

Das Mangan spielt bei der Verhüttung im Rennfeuer-ofen eine wichtige Rolle. Dieses Element wird bei den Bedingungen der Verhüttung nicht reduziert und verbleibt in der Schlacke (GILLES 1957, 182). Aber die Konzentration dieses Elements in der Schmelze hat einen unmittelbaren Einfluss auf den Kohlenstoffgehalt

des entstehenden Eisens bzw. Stahls: aus einer man-ganreichen Schmelze lässt sich ein kohlenstoffreicher und damit harter Stahl gewinnen (SCHÜRMAN 1958, 1302. KRONZ 1997, 201). In gewissem Umfang lässt sich also über den Mangangehalt des Ausgangserzes (zusammen mit Prozesssteuerung hinsichtlich Beschi-ckung und Windführung) die Härte des im Rennfeuer erzeugten Eisens steuern.

Übliche MnO-Konzentrationen von Rennfeuerschla-cken liegen in der Regel unter 2–3 % (s. z.B. OEL-SEN, SCHÜRMAN 1954, 509, oder Zusammenstellung in KRIETE 2009, 45). Eine Region, in der ebenfalls großräumig Mn-reiche Schlacken vorkommen, ist das Siegerland (bis 12,3 % MnO, NEUMANN 1954, 36), wo schon seit der Latènezeit manganreicher Spatei-senstein verhüttet wurde (8–9 % MnO ungeröstet, KRONZ 1997, 19). Auch das berühmte Norische Eisen römisch-keltischen Ursprungs (Schlacken bis 11,5 % MnO, NEUMANN 1954, 36) wurde aus Spateisensteinen z.B. der Vorkommen vom Erzberg (Steiermark) oder Hüttenberg (Kärnten) produziert. Kennzeichnend für das Norische Eisen war die Verwendung von weichem Eisen und hartem Eisen in einer Art Verbundwerkstoff (SOUKOP 2007, 46), ähnlich wie bei dem späteren Da-maststahl.

Außer den manganreichen Schlacken vom Iberg sind im Umkreis des Harzes Rennfeuerschlacken ähnlicher Zusammensetzung bei Grabungen in Düna im südli-chen Harzvorland aus der römischen Kaiserzeit/ggf. vorrömischen Eisenzeit (1. Jh. v. Chr.) bekannt. An-hand von mineralogischen Untersuchungen wurden die Schlacken von BROCKNER et al. (1990, 139) vor-sichtig der ca. 15 km entfernten Lagerstätte am Iberg zugeordnet. Die MnO-Gehalte (10–18 %) und auch die Ba-Gehalte (8000-23000 mg/kg) ähneln sehr stark den hier vorgestellten Analysen und bestätigen somit diese Provenienz.

Weiterhin sind aus Salzgitter-Lobmachersen nördlich des Harzes (ca. 35 km vom Iberg entfernt) ebenfalls ähnlich manganreiche Schlacken bekannt, die in die römische Kaiserzeit (2. Jh. n. Chr.) datiert werden (OSANN 1959, 1209. STELZER 1959, 1206). KRIETE (2009, 53) stellte die Provenienz aus den Salzgitter-Erzen (OSANN 1959, 1210) in Frage und diskutierte als möglichen Rohstoff manganreiches Iberger Erz. An-hand der hier präsentierten Vergleichsanalysen zeigt sich, dass der Mangangehalt des Iberger Erzes zu den berechneten Konzentrationen (ca. 12–13 % MnO) für die in Lobmachersen verwendeten Erze passt, das Iberger Erz also als Rohstoffquelle infrage kommt. Al-lerdings ist der Ba-Gehalt der Salzgitteraner Schlacken zwar erhöht, aber deutlich niedriger als in den hier un-tersuchten Iberger Schlacken. Da das Barium aus dem Begleitmineral Baryt stammt, das den Ofenchargen in durchaus unterschiedlicher Höhe beigemischt sein kann, muss dies nicht unbedingt ein Ausschlusskri-

terium sein. Denkbar bleiben allerdings auch andere Spateisensteinlagerstätten des Harzes (z.B. Schweinerücken bei Seesen) als Quelle für die Salzgitteraner Schlacken. Hierfür fehlen bislang weitere Analysen.

Bemerkenswert ist, dass sowohl in Düna als auch in Salzgitter-Lobmachersen neben den sehr manganreichen Schlacken auch manganarme ($< 2\%$ MnO) Schlacken auftreten (BROCKNER et al. 1990, 148. OSANN 1959, 1209. KRIETE 2009, 46). Es ist ein interessanter Diskussionsansatz, ob hier bewusst weiches Eisen neben hartem Eisen produziert wurde, ähnlich wie dies beim Norischen Eisen der Fall ist, und damit ein Bezug zu dem Norischen Eisen herzustellen ist.

Fazit

Die chemischen Analysen und darauf aufbauenden Massenbilanzen bestätigen, dass die untersuchten Erz- und Schlackeproben zueinander passen, also dem gleichen Verhüttungsprozess zuzuordnen sind. An diesem Fundplatz wurde offensichtlich (geröstetes) Iberger Erz (vermutlich Höhlenlimonit) verhüttet. Eine solche Zuordnung ist nicht selbstverständlich, häufig werden an den Verhüttungsplätzen auch unbrauchbare und vermutlich aussortierte Erze oder Zuschläge gefunden (s. KRIETE, in Vorb.).

Die untersuchten Schlackeproben repräsentieren das unterschiedliche Fortschreiten des Eisenausbringens innerhalb eines Ofens unter Anreicherung der schlackegängigen Elemente (z.B. MnO, Ba), deren Verhältnis bei der Verhüttung beibehalten wird. Für die Mn- und Ba-reichen Iberger Erze können das $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MnO}$ -Verhältnis und/oder der Bariumgehalt der Schlacken daher als Indikator für die Metallausbeute innerhalb der Ofencharge verwendet werden.

Das Iberger Erz ist leicht zu gewinnen (Akkumulation als Höhlenlimonit) und durch seine Struktur (hohe Oberfläche) nach Röstung auch leicht zu verhütten (DEICKE 2000, 45). Die Bilanzen zeigen, dass es sich um ein weitgehend selbstgängiges Erz handelt. Anhand der Mangengehalte der Schlacken kann geschlossen werden, dass der produzierte Stahl relativ hart bzw. gut härtbar gewesen sein dürfte. Aus all diesen Aspekten ergibt sich, dass es sich bei dem Iberger Erz um ein qualitativ hochwertiges und vermutlich begehrtes Erz für die Rennfeuer verhüttung handelt.

Dieses wurde bereits in der römischen Kaiserzeit aus dem Harz in das Umland transportiert und dort verhüttet. Inwieweit sich dabei ein Bezug zum Norischen Eisen herstellen lässt, bleibt zu klären.

Ab dem 7. Jh. wanderte die Verhüttung dann, wie auch die der Buntmetalle, direkt zu der Lagerstätte im Harz.

LITERATUR:

- BODE A. 1928: Reste alter Hüttenbetriebe im West- und Mittelharze. Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft zu Hannover für das Jahr 1928. Hannover 1928, 141–197.
- BROCKNER, W., HEIMBRUCH, G., KOERFER, S. 1990: Archäometrische Untersuchungen an Erz- und Schlackefunden des Grabenschnittes GS 1 der Grabung Düna. In: Klappauf, L., Linke, F.-A., Düna I. Das Bachbett vor Errichtung des repräsentativen Steingebäudes. Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Niedersachsens 22. Hildesheim 1990, 137–152.
- BUCHWALD, V.F., WIVEL, H. 1998: Slag analysis as a method for the characterization and provenancing of ancient iron objects. *Materials Characterization* 40, 1998, 73–96.
- DEICKE, M. 2000: Findings concerning the environmental history of the Harz Mountains and the utilization of mineral resources. In: C. Segers-Glocke, H. Witthöft (Eds.), *Aspects of mining and smelting in the Upper Harz Mountains up to the 13th/14th century*. Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 22. St. Katharinen 2000, 66–78.
- EINECKE, G., KÖHLER, W. 1910: Die Eisenerzvorräte des Deutschen Reiches. *Archiv für Lagerstättenforschung*, Heft 1, 1910.
- GARNER, J. 2010: Der latènezeitliche Verhüttungsplatz in Siegen-Niederschelden „Wartestraße“. *Metalla* 17.2/2, Bochum 2010.
- GILLES, J.W. 1957: 25 Jahre Siegerländer Vorgeschichtsforschung durch Grabung auf alten Eisenhüttenplätzen. *Archiv für das Eisenhüttenwesen* 28 (4), 1957, 179–185.
- HEIMANN, R.B., KREHER, U., ULLRICH, B. 2000: Chemisch-mineralogische Analysen von Eisenerzen und prähistorischen Rennfeuerschlacken der Oberlausitz. *Arbeits- und Forschungsberichte zur Sächsischen Bodendenkmalpflege* 42, 2000, 129–186.
- HORSTMANN, D. 2003: Eisenverhüttung an Loope und Kaltenbach. In: *Abbau und Verhüttung von Eisenerzen im Vorland der Mittleren Schwäbischen Alb*. Kolloquium in Schwäbisch Gmünd am 4./5.11.1994 „Die Eisenproduktion im frühen und hohen Mittelalter“. *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 86. Stuttgart 2003, 231–249.
- JÖNS, H., 2000: Die Ergebnisse der interdisziplinären Untersuchungen zur frühgeschichtlichen Eisengewinnung in Joldelund. „Neue Antworten“ auf „alte Fragen“ zur Entwicklung und Wirtschaftsstruktur kaiserzeitlicher Eisengewinnungsplätze und Siedlungen in Norddeutschland. In: A. Haffner, H. Jöns, J. Reichstein (Hrsg.), *Frühe Eisengewinnung in Joldelund, Kr. Nordfriesland. Ein Beitrag zur Siedlungs- und Technikgeschichte Schleswig-Holsteins 2: Naturwissenschaftliche Untersuchungen zur Metallurgie- und Vegetationsgeschichte*. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* 59, Bonn 2000, 263–279.
- KEMPA, M. 2003: Archäologische Untersuchungen an früh- und hochmittelalterlichen Verhüttungsplätzen. In: *Abbau und Verhüttung von Eisenerz im Vorland der mittleren Schwäbischen Alb*. Kolloquium in Schwäbisch Gmünd am 4./5.11.1994 „Die Eisenproduktion im frühen und hohen Mittelalter“. *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 86. Stuttgart 2003, 9–115.
- KLAPPAUF, L., v. KORTZFLEISCH, A., QUEST, A. 2008: Archäologische Spurensuche auf dem Iberg. Ausgrabungen alter Grubenmeiler auf dem Iberg bei Bad Grund im Jahre 2005. In: A. v. Kortzfleisch (Red.), *Die Kunst der schwarzen Gesellen. Köhlerei im Harz*. Clausthal-Zellerfeld 2008, 37–41.

- KRIETE, C. 2009: Geochemische Untersuchungen der Rennfeuerschlacken aus dem Siedlungsgebiet der vorrömischen Eisenzeit und älteren römischen Kaiserzeit von Salzgitter-Fredenberg im Hinblick auf die Herkunft der verwendeten Erze. *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte* 78, 2009, 37–56.
- KRIETE, C. (in Vorb.): Vorgeschichtliche und frühmittelalterliche Eisenverhüttung im Bereich des Elbingeröder Komplexes – eine Provenienzanalyse. *Jahresschrift für Mitteldeutsche Vorgeschichte*.
- KRONZ, A. 1997: Phasenbeziehungen und Kristallisationsmechanismen in fayalitischen Schmelzsystemen – Untersuchungen an Eisen- und Buntmetallschlacken. *Ungedruckte Dissertation*. Mainz 1997.
- KRONZ, A., KEESMANN, I. 2003: Fayalitische Schmelzen und Effektivität des metallurgischen Verfahrens. In: *Abbau und Verhüttung von Eisenerzen im Vorland der mittleren Schwäbischen Alb*. Kolloquium in Schwäbisch Gmünd am 4./5.11.1994 „Die Eisenproduktion im frühen und hohen Mittelalter“. *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 86. Stuttgart 2003, 259–274.
- LEINWEBER, R., LYCHATZ, B. 1998: Versuche im Rennofen – eine Bilanz. *Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte* 80, 1998, 263–304.
- MISRA, M.K., RAGLAND, K.W., BAKER, A.J. 1993: Wood ash composition as a function of furnace temperature. *Biomass and Bioenergy* 4 (2), 1993, 103–116.
- NEUMANN, B. 1954: Die ältesten Verfahren der Erzeugung technischen Eisens durch direkte Reduktion von Erzen mit Holzkohle in Rennfeuern und Stückofen und die Stahlerzeugung unmittelbar aus dem Eisenerz. *Freiberger Forschungshefte D6*. Berlin 1954.
- OELSEN, W., SCHÜRMAN, E. 1954: Untersuchungsergebnisse alter Rennfeuerschlacken. *Archiv für das Eisenhüttenwesen* 25 (11/12), 1954, 507–514.
- OSANN, B. 1959: Eisenhüttenmännische Aussagen der Rennofen-, Rennstahl- und Rennschlackenfunde von Salzgitter-Lobmachersen. *Stahl und Eisen* 79 (17), 1959, 1206–1211.
- REINBOTH, F. 1969: Die Höhlen im Iberg bei Bad Grund (Oberharz). In: *Jahreshefte zur Karst- und Höhlenkunde* 9. München 1969, 25–50.
- SCHÜRMAN, E. 1958: Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer. *Stahl und Eisen* 78 (19), 1958, 1297–1308.
- SIMON, P., STOPPEL, D. (Hrsg.) 2003: *Sammelwerk Deutsche Eisenerzlagertstätten II. Eisenerze im Deckgebirge (Postvaristikum) 4. Verdrängungs- und Verwitterungslagerstätten in Nord-, West- und Süddeutschland*. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft. Hannover 2003.
- STELZER, G. 1959: Germanische Siedlung mit Rennofenbetrieb und Schmiede bei Salzgitter-Lobmachersen. *Stahl und Eisen* 79 (17), 1959, 1201–1206.
- SOUKOP, R.W. 2007: *Chemie in Österreich. Bergbau, Alchemie und frühe Chemie: Von den Anfängen bis zum Ende des 18. Jahrhunderts*. Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftsforschung 7. Wien, Köln, Weimar 2007.
- THOMAS, G.R., YOUNG, T.P. 1999: The determination of bloomery furnace mass balance and efficiency. *Geoarchaeology: exploration, environments, resources*. In: A.M. Pollard (Ed.), *Geoarchaeology: exploration, environments, resources*. Geological Society, Special Publications 165. London 1999, 155–164.

Abbildungsnachweis:

- Abb. 1, 3, 4, 5, 6, 13, 14 und Tab. 1, 2: Verfasser.
 Abb. 2: Bjorn Jobst, Fels-Werke Goslar. Abb. 7, 8, 9, 10: Vijay Diaz, NLD. Abb. 11, 12: Christa S. Fuchs †, NLD

Anschriften der Verfasserin und der Verfasser: