



Forschungen des Instituts
für Archäologische Wissenschaften,
Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte 6



Guntram Gassmann, Andreas Schäfer

Luxemburger Eisen

Montanarchäologische Untersuchungen zur frühen
Eisenproduktion im Umland des Titelbergs in Südwestluxemburg

Luxemburger Eisen



**Forschungen des Instituts
für Archäologische Wissenschaften,
Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte**

herausgegeben vom Institut für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften
und Kunstgeschichte der Otto-Friedrich-Universität Bamberg

Abteilung
Archäologische
Wissenschaften

Michaela Konrad
Andreas Schäfer
Till Sonnemann

Abteilung
Denkmalwissenschaften

Stefan Breitling
Rainer Drewello
Gerhard Vinken

Abteilung
Kunstgeschichte

Stephan Albrecht
Wolfgang Brassat

Band 6

Abteilung Archäologische Wissenschaften,

Verantwortlicher Herausgeber:

Andreas Schäfer

Guntram Gassmann, Andreas Schäfer

Luxemburger Eisen

**Montanarchäologische Untersuchungen
zur frühen Eisenproduktion im Umland
des Titelbergs in Südwestluxemburg**

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Informationen sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk ist als freie Onlineversion über den Hochschulschriften-Server (OPUS; <http://www.opus-bayern.de/uni-bamberg/>) der Universitätsbibliothek Bamberg erreichbar. Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herstellung und Druck: docupoint, Magdeburg

Umschlaggestaltung: University of Bamberg Press Bamberg, Larissa Günther

Umschlagbild: © Andreas Schäfer (s.u. Abb. 43)

© University of Bamberg Press Bamberg, 2017

<http://www.uni-bamberg.de/ubp/>

University of Bamberg Press

ISSN: 2196-4505

ISBN: 978-3-86309-497-3 (Druckausgabe)

eISBN: 978-3-86309-498-0 (Online-Ausgabe)

URN: urn:nbn:de:bvb:473-opus4-492104

DOI: <http://dx.doi.org/10.20378/irbo-49210>

Inhalt

| | | |
|-----------|--|----|
| | Vorwort | 7 |
| 1 | Einführung und Fragestellung | 9 |
| 2 | Zu den Eisenerzvorkommen im Südwesten Luxemburgs | 11 |
| 3 | Untersuchungsmethodik | 17 |
| 4 | Ergebnisse der Geländeforschungen | 20 |
| | 4.1 Lagerstättenorientierte Prospektion | 20 |
| | 4.1.1 Befundkategorien | 22 |
| | 4.1.2 Ergebnisse der lagerstättenorientierten Prospektion | 24 |
| | 4.2 Flugprospektion (airborne laserscanning) | 25 |
| | 4.2.1 Bergbaurelikte | 30 |
| | 4.2.2 Schlackenplätze | 33 |
| | 4.2.3 Podien | 33 |
| | 4.2.4 Grabhügel | 35 |
| | 4.2.5 Wall- und Wall-Grabenanlagen | 36 |
| | 4.2.6 Alte Wegesysteme (Hohlwege) | 36 |
| | 4.3 Kombinierte Detailuntersuchungen an Fundstellen der Sekundärerzzone | 36 |
| | 4.3.1 Pingenfeld Berenswis | 36 |
| | 4.3.2 Die ältesten Verhüttungsplätze des Reviers | 40 |
| | 4.3.3 (Früh-)mittelalterliche Verhüttungsplätze | 52 |
| 5 | Zur Eisenverarbeitung auf dem Titelberg | 59 |
| | 5.1 Chemische Analysen an Schlacken | 65 |
| 6 | Ergebnis und Diskussion der naturwissenschaftlichen Materialuntersuchungen | 67 |
| 7 | Zusammenfassung und Ausblick | 74 |
| 8 | Literaturverzeichnis | 79 |
| 9 | Visualisierung und Auswertung der LIDAR-Daten von Clemency von Ralf Hesse | 85 |
| 10 | Laborbericht | 90 |
| 11 | Fundstellenliste | 99 |

Vorwort der Autoren und des verantwortlichen Herausgebers

Die vorliegende Publikation basiert auf Untersuchungen, die in ihren Anfängen bereits in die zweite Hälfte der 1990er Jahre zurückgehen und zwischen 2002 und 2008 in jährlichen Kampagnen intensiviert werden konnten. Die Idee zu einer Beschäftigung mit der frühen Eisenproduktion in Luxemburg wurde bereits 1996 bei einer Exkursion der Universität Marburg auf den Titelberg unter der Leitung von Prof. Dr. Otto-Herman Frey geboren. Der damalige Ordinarius des Vorgeschichtlichen Seminars der Philipps-Universität Marburg vermittelte die ersten Kontakte und ermutigte später auch dazu, das Thema weiter auszubauen. Ihm sei herzlich für seine Unterstützung gedankt.

Unser ganz besonderer Dank gilt Dr. Jeannot Metzler vom Musée National d'Histoire et d'Art Luxembourg (MNHA) und seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, namentlich Dr. Catherine Gaeng, Lydie Homan und Nicolas Gaspar, für die langjährige, unkomplizierte und freundschaftliche Zusammenarbeit. Wir bedanken uns mit dieser Publikation für das in uns gesetzte Vertrauen. Die alljährlichen Besuche in der Forschungsstation in Fond de Gras zu Füßen des Titelbergplateaus gehörten zu den Höhepunkten unseres Arbeitsalltags. Die Landschaft im Hinterland der großen Befestigungsanlage ist uns über die Jahre sehr ans Herz gewachsen. Dass die Zusammenarbeit 2009 an der Schwelle zu einem größeren Projekt ein vorzeitiges Ende finden musste, haben beide Seiten sehr bedauert.

Die Gelände- und Laborarbeiten der hier vorgelegten montanarchäologischen Untersuchungen wurden anfänglich weitgehend vom MNHA finanziert. Seit 2005 konnte der Projektetat von deutscher Seite gegenfinanziert werden. Zu danken ist hier insbesondere dem Forschungsausschuss der Friedrich-Schiller-Universität Jena unter Prorektor Prof. Dr. Herbert Witte, der das Projekt auch institutionell sehr unterstützte und im Rahmen eines Förderprogramms Zusatzmittel bereit stellte.

An den Untersuchungen waren neben den Autoren weitere Personen beteiligt, denen wir hier ebenfalls Dank sagen möchten: den Mitarbeitern der Posselt & Zickgraf Prospektionen GbR (Büro Marburg), namentlich Norbert Buthmann M. A., Torsten Riese M. A. und Benno Zickgraf M. A. (geophysikalische Prospektionen), Dr. Ralf Hesse (ehem. Geograph. Inst. Univ. Jena), dessen neue Methode zur Auswertung von Lidar-Daten (Local Relief Model) im Rahmen dieses Projekts entwickelt wurde (vgl. Beitrag Hesse), Martin Schaich M. A. (Firma ArcTron, Altenthann) für die Ermöglichung einer Befliegung und die Erstellung des Lidar-Scans sowie Dr. George Bonani und Dr. Irka Hajdas (ETH Zürich) für die AMS-Datierungen aus metallurgischen Befunden und Bohrstöcken. Die archäometallurgischen Analysen konnten im Labor des Deutschen Bergbaumuseums Bochum durchgeführt werden. W. Steeger ist in diesem Zusammenhang für die Durchführung pauschalchemischer Analysen zu danken. Als studentische Hilfskräfte (Univ. Marburg und Jena) waren Heiko Kraeling, Michael Marchert und Peter Thomas an dem Projekt beteiligt. Auch Prof. Dr. Alex Storoni und Dr. Charles Storoni, die uns vor Ort in mancherlei Hinsicht unterstützten, sei an dieser Stelle ganz herzlich gedankt.

Die hier vorgelegten Untersuchungen repräsentieren den Kenntnisstand von 2009. Neuere Publikationen und Forschungsergebnisse konnten nicht mehr berücksichtigt werden. Für Layout und Satz danken wir Kathrin Brömse und Simone Tavenrath von Satzzentrale GbR, Marburg. Frau Barbara Ziegler vom hauseigenen Verlag University of Bamberg Press sorgte für eine reibungslose Integration in die neue Schriftenreihe des Instituts.

*Bamberg/Tübingen, im April 2016
Guntram Gassmann und Andreas Schäfer*



1 Technische Keramik aus dem Prunkgrab von Clemency. Innendurchmesser 7 cm. Zur Interpretation s.u. Kapitel 7 (Photo MNHA, Luxembourg).

1 Einführung und Fragestellung

Die Eisenerzlagerstätten Luxemburgs gehören zusammen mit den lothringischen Vorkommen zu den bedeutendsten Erzressourcen Kontinentaleuropas. Im Zeitalter der Industrialisierung zählte Luxemburg daher zu den wichtigsten Eisen- und Stahlproduzenten. Die Eisen- und Stahlindustrie bildete gerade im 19. und 20. Jahrhundert das wirtschaftliche Rückgrat des Landes¹. Anders als in den Nachbarländern der europäischen Eisenregion, allen voran Lothringen², liegen über die Anfänge der Produktion auf dem Gebiete Luxemburgs aber bis heute kaum gesicherte Erkenntnisse vor. Steht für das Spätmittelalter (13.–14. Jh.) mit dem Übergang von der direkten (Rennfeuer verhüttung) zur indirekten Eisengewinnung (Hochofentechnologie) mittlerweile eine erste moderne Untersuchung bei Peppange zur Verfügung³, so lag die mittelalterliche (5.–12. Jh.) und die gallo-römische (1.–4. Jh. n. Chr.) Eisengewinnung oder gar die Produktion der Latènezeit (5.–1. Jh. v. Chr.) bisher vollständig im Dunkeln.

Gleichwohl sind aus diesen Perioden bedeutende Besiedlungsspuren bekannt. Allen voran wären das keltische und gallo-römische Oppidum auf dem Titelberg am Rande des Differdinger Beckens sowie die prunkvollen Grabfunde aus Clemency oder Göblingen-Nospelt aus dem letzten Jahrhundert v. Chr. zu nennen⁴ (Abb. 1). Ihr Reichtum wurde schon lange mit der antiken Ausbeutung der Erzressourcen in Verbindung gebracht, ohne dass bisher ein direkter Nachweis gelungen wäre⁵. Der massive Eingriff in die Landschaft durch den großflächigen modernen Bergbau des 17.–20. Jhs. hat ältere Spuren fast vollständig zerstört. Weder kennen wir für die alten Zeiten bisher die angewandten Technologien der Rohstoffgewinnung (Bergbau) noch der Verhüttung, ganz zu schweigen von der Frage nach der wirtschaftlichen Bedeutung der Produktion und ihres jeweiligen gesellschaftlichen Kontexts.

Die bisherigen Kenntnisse zur vorneuzeitlichen Ausbeutung der reichen Erzressourcen besonders im Südwesten des Landes beschränken sich auf einige Erwähnungen älterer Bergbaue, die bei den raumgreifenden Abbauen im 19. und frühen 20. Jahrhundert offensichtlich immer wieder angeschnitten worden waren⁶. Doch liegen zu keinem der alten Aufschlüsse genauere Informationen vor, auch sind sie heute nicht mehr zugänglich. In der Lokalforschung finden sich zwar immer wieder Hinweise auf Eisenproduktion vor- und

frühgeschichtlicher Zeitperioden, allen voran „römische Eisengewinnung“⁷, die Fundplätze und Fundmaterialien hielten einer Überprüfung im Gelände jedoch nicht stand (s. u.).

Als Desiderat galt es daher, die Kenntnis zur vor- und frühgeschichtlichen Eisengewinnung in Luxemburg auf eine moderne Basis zu stellen. Bereits Mitte der 1990er Jahre wurden diesbezüglich erste Geländearbeiten unternommen. Ausgangs- und Kondensationspunkt der Forschungen waren die reichen Lagerstätten im Umfeld des Oppidums auf dem Titelberg im Südwesten des Landes⁸. Unter Anleitung des Geologen A. Storoni ließ sich ein Überblick über die Lagerstätten-situation und die Bergbauspuren auf und um den Titelberg sowie in seinem Hinterland gewinnen. Es wurde unmittelbar ersichtlich, in welchem riesigem Ausmaß die neuzeitliche Erzförderung die Landschaft umgestaltet hatte. Die Frage nach den Wurzeln des Luxemburger Eisenwesens ließ sich durch diesen Ansatz noch nicht beantworten. War es überhaupt noch möglich, Spuren der zu postulierenden älteren Bergbauaktivitäten bei dieser immensen neuzeitlichen Überprägung aufzuspüren und archäologisch zu untersuchen? Schon jetzt war klar, dass eine Erfassung auch der ältesten Produktionsnachweise in vorchristlicher Zeit nur gelingen konnte, wenn man sich zunächst um einen Überblick über die gesamten oberflächlich sichtbaren Relikte der Montanproduktion dieses Raumes bemühte. Das besondere Augenmerk war dabei auf die Bereiche und Tätigkeitsfelder zu richten, die randlich oder außerhalb der Hauptabbaufelder liegen, da bei letzteren als Folge jüngerer Landschaftsveränderungen mit einem Totalverlust zu rechnen war. Ausgehend von den zuletzt verbrauchten Flächen erschien nur eine diachrone Bestandsaufnahme sinnvoll, um zu den Anfängen

1 BÜHLMANN 1949; MUELLENBACH 1960; WURTH 1986; KIEFER 1989; SCHNEIDER 1999.

2 LEROY 1997.

3 OVERBECK 2011.

4 METZLER u. a. 1991 mit älterer Literatur.

5 METZLER 1995/I, 13; ders. u. a. 1991, 14.

6 COLLETTE 1986, 241; METZLER 1995/I, 13; POFER 2000, 67f.

7 COLLETTE 1986.

8 Vgl. bisher SCHÄFER 2004; ders. 2007b.

zurückfinden zu können. Würde es möglich sein, mit der Kenntnis der Bergbau- und insbesondere der Verhüttungsrelikte durch alle Zeiten hindurch, Älteres von Jüngerem zu trennen, und noch erhaltene Hinweise auf die Anfänge aufzuspüren?

Begleitend zu umfangreichen Geländearbeiten und Fernerkundungsmethoden galt es als weiteren Schwerpunkt der Untersuchungen naturwissenschaftliche Analysen an Erzen, Schlacken und Metallen vorzusehen, um Daten über potentielle Materialbasen für zeitlich oder räumlich differenzierte Prozessschritte rund um die Eisenmetallurgie zu erheben.

2 Zu den Eisenerzvorkommen im Südwesten Luxemburgs



2 Fond de Gras, Titelberg. Aufgelassene Abbauwand der Minette-Erze (Rotes Lager). Aufnahme März 2003.

Im Südwesten Luxemburgs gibt es eine größere Anzahl von Eisenerzvorkommen, die in verschiedenen Epochen seit der Vorgeschichte in teils großem Umfang ausgebeutet worden sind. Nach M. Lucius werden drei Hauptertypen unterschieden: Lias- und Doggererze des Minette-Typs (Toarcium und Aalenium), präeozone Bohnerze und jüngertertiäre so genannte „Rasenerze“⁹ (vgl. Beilage 1).

Minette-Erze

Die Minette-Erze sind während der Jura-Zeit entstanden und bleiben auf den äußersten Südwesten Luxemburgs beschränkt¹⁰. Hier treten sie in mächtigen Schichtpaketen großflächig in Erscheinung (Abb. 2), setzen sich aber, dem Rand des Pariser Beckens folgend, weit nach Lothringen und Belgien fort. Sie entstanden marin-sedimentär in flachen Meeresbecken,

wo unter Mitwirkung von Pilzen und Bakterien mächtige Abfolgen von Erzen abgelagert wurden.

Bohnerze

Die Bohnerze gehen auf terrestrische Verwitterung am Ende der Kreidezeit zurück. Bohnerze gibt es lediglich an exponierten Jura-Hochflächen oberhalb des Titelbergmassivs und auf einem Hochareal bei Esch. Die Bohnerze haben sich durch tief greifende Verwitterungsvorgänge über einen langen Zeitraum während der Kreidezeit und im ältesten Tertiär als Lösungsrückstände bei der lateritischen Verwitterung von Kalkmassiven gebildet. Damals herrschte ein subtro-

⁹ LUCIUS 1945.

¹⁰ LUCIUS 1945, Karte 1.



3 Bohnerze von der Jurahochfläche im Südwesten Luxemburgs. © Musée Michel Lucius/Institut Géologique Michel Lucius.

pisches Klima vor. Die Bohnerze (Abb. 3) liegen, meist als bohnen- bis faustgroße Einsprenglinge, in einem roten Verwitterungslehm, als Füllmaterial morphologischer Hohlformen wie Senken oder Karstspalten eingebettet.

Jüngertertiäre Sekundärerze

Bei den seit Lucius sog. „Rasenerzen“ handelt es sich ebenfalls um terrestrische Bildungen, die im ausgehenden Tertiär zur Ablagerung kamen. Der Begriff „Rasenerz“ ist unglücklich gewählt, da es keinen direkten Zusammenhang zwischen dem Luxemburgischen „Rasenerz“ und den in postglazialen Landschaften beobachteten Sumpf- oder Raseneisenerzen gibt. Genetisch dürfte es sich um differenzierte Bildungen handeln. Es wäre besser, die Erze neutral als jüngertertiäre Sekundärerze zu bezeichnen. Nach den Ausführungen Lucius' zu folgern, lagern die Bildungen konkordant auf Schichten des Lias, nie aber über den Minette-Erzen. Dies bedeutet, dass sie erst abgelagert wurden, nachdem die Minette im Bereich der Erzvorkommen bereits durch Erosionsvorgänge weitgehend abgetragen war. Daher liegt es nahe, dass es sich dort um sekundäre Eisenanreicherungen aus den aufgearbeiteten Minette- und Bohnerzen handelt¹¹.

Mit sehr weiter Verbreitung im gesamten Südwesten Luxemburgs finden sich als dritter Vererzungstyp diese jüngertertiären Sekundärerze (Abb. 4). Sie weisen morphologische Ähnlichkeit mit dem Bohnerz auf, liegen aber im Gegensatz zu diesem meist in einem gelblichen Verwitterungslehm (Abb. 5), oft zusammen mit so genanntem Tertiärquarzit. Die weite Verbrei-

tung dieser Erze ließ das Hauptaugenmerk der Prospektionsanstrengungen gerade auf diese Vorkommen fokussieren. Sie boten ideale Voraussetzungen für eine frühe Ausbeutung: leichte Gewinnbarkeit, Bindung an Lehmvorkommen (nutzbar für den Bau der Öfen) und überwiegende Nähe zum Wasser. Bereits Lucius gibt eine Übersicht über die Haupt- und Nebenelementzusammensetzung dieser Erze (Abb. 6).

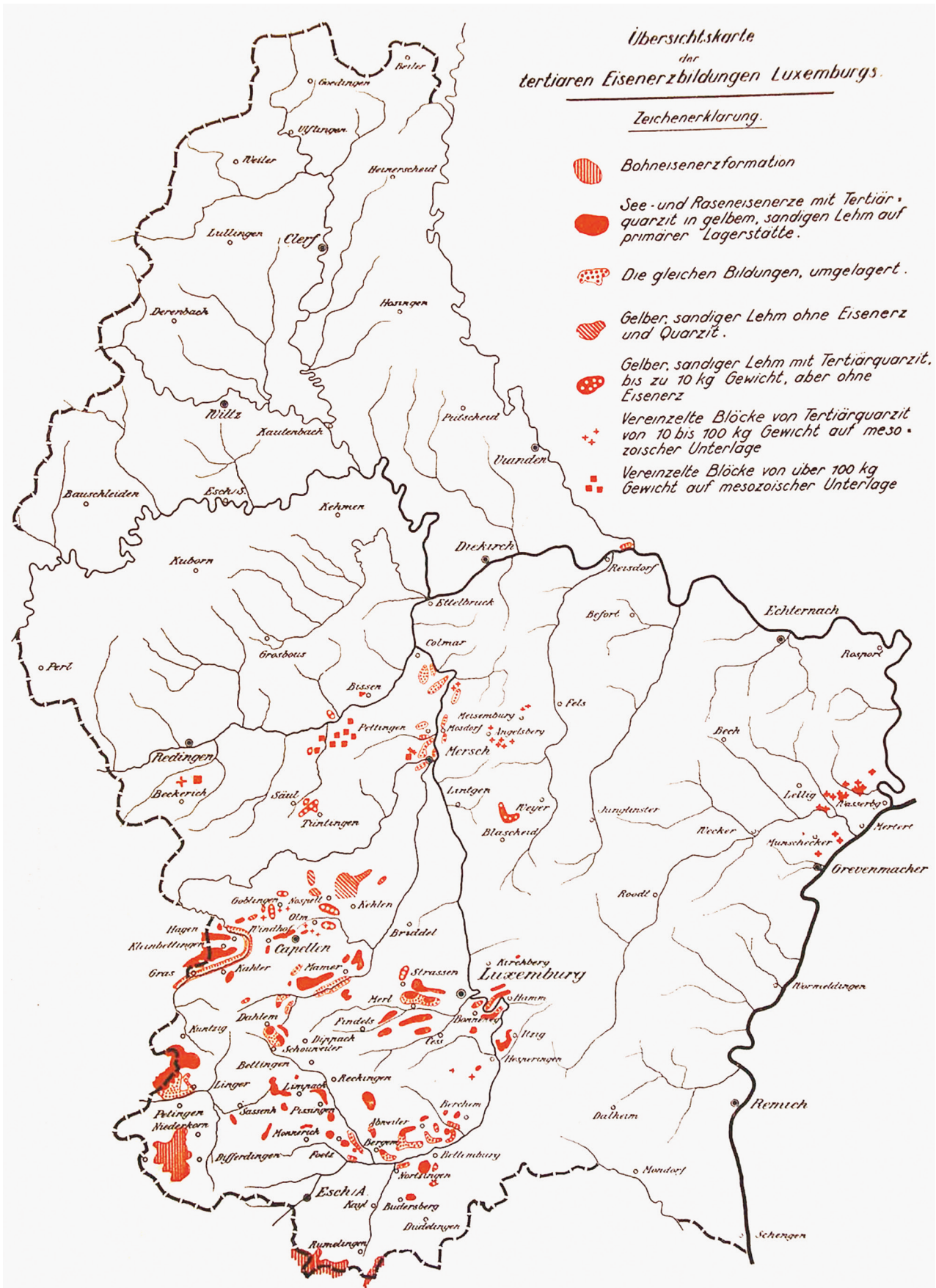
Eignung der Lagerstätten für die Verhüttung im Rennfeuerverfahren

Im Rahmen unserer Untersuchungen wurden weitere pauschalchemische Analysen der drei unterschiedenen Erzarten durchgeführt, die im Wesentlichen mit den Ergebnissen bei M. Lucius übereinstimmen (Abb. 7; vgl. Anhang Abb. 80 und 81).

Die Minette-Erze zeigen Eisengehalte lediglich zwischen 50 und 60 Gew. % Fe_2O_3 , dafür aber umso höhere Kieselsäurewerte zwischen 37 und 39 Gew. % SiO_2 . Aluminium streut zwischen kaum vorhanden und 5 Gew. % Al_2O_3 . Phosphor erreicht maximal 1 Gew. % P_2O_5 . Die Erzgehalte und -zusammensetzungen der Luxemburger Minette sind als problematisch für Rennverfahren einzustufen¹². Der hohe Kieselsäuregehalt würde ohne Gegenmaßnahmen das gesamte Material im Rennprozess verschlacken, so dass diese Erze für die ersten Verhüttungsperioden am Beginn der Eisenmetallurgie kaum von Interesse sein konnten.

11 Vgl. auch RIEZEBOS u. a. 1990.

12 Dazu grundlegend bei LUCIUS 1945, 235ff.



4 Karte der jüngertertiären Eisenerzlagerstätten in Luxemburg (nach Lucius 1945). Vgl. auch Detailausschnitt in Abb. 10.



5 Clemency Berenswis. Abgeregnetter Maulwurfshügel mit freigespülten jungtertiären Erzen in gelbem Verwitterungslehm (Aufnahme März 2004).

nach Lucius 1945,330 Tabelle 3 (Auszug)

| Fundort | Glühverlust | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | Fe | Fe ₂ O ₃ | P ₂ O ₅ | S | Mn |
|---|--------------|------------------|--------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------|------|
| Küntzig (Clemency) Nordrand des "Lamberg" Probe 1a | 10,80 | 10,40 | 2,57 | 0,20 | 0,21 | 51,85 | 75,38 | 1,74 | 0,13 | n.b. |
| Küntzig (Clemency) Nordrand des "Lamberg" Probe 1b | 12,12 | 4,52 | 3,47 | 0,20 | 0,21 | 54,09 | 77,40 | 2,14 | 0,17 | n.b. |
| Küntzig (Clemency) Nordrand des "Lamberg" Probe 1c | 12,04 | 7,16 | 2,87 | 0,20 | 0,36 | 52,97 | 75,80 | 1,64 | 0,13 | n.b. |
| Linger, Wessigbach, Probe 9b | 8,80 | 33,05 | 4,55 | 1,40 | Spuren | 37,03 | 52,99 | 1,32 | n.b. | n.b. |
| Linger, Wessigbach, Probe 9c | 11,30 | 8,45 | 5,20 | 1,19 | Spuren | 52,22 | 74,73 | 1,98 | n.b. | n.b. |
| Linger, Wessigbach, Probe 9d | 10,40 | 8,56 | 1,94 | 0,80 | n.b. | 53,08 | 75,96 | 2,16 | n.b. | n.b. |
| Linger, Wessigbach, Probe 9g | 11,60 | 26,00 | 6,85 | 4,90 | Spuren | 35,00 | 50,09 | 1,70 | Spuren | n.b. |
| Niederkerschen (Bascharage), an der Straße nach Küntzig | 9,60 | 8,80 | 5,88 | 0,98 | Spuren | 53,41 | 76,43 | 1,85 | n.b. | n.b. |
| Mittelwert | 10,83 | 13,37 | 4,17 | 1,23 | 0,26 | 48,71 | 69,85 | 1,82 | 0,14 | |

nach Lucius 1945,331 Tabelle 4 (Auszug)

| | | | | | | | | | | |
|--|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|------|-------------|
| Raseneisenerz von Kürzelt bei Linger Probe 1 | 11,38 | 6,36 | 4,04 | n.b. | 0,26 | 52,68 | 75,39 | 1,69 | n.b. | 0,21 |
| Raseneisenerz von Kürzelt bei Linger Probe 2 | 11,64 | 3,20 | 4,17 | n.b. | 0,29 | 54,59 | 78,12 | 1,72 | n.b. | 0,20 |
| Raseneisenerz von Kürzelt bei Linger Probe 3 | 7,70 | 43,11 | 6,32 | n.b. | 0,04 | 29,20 | 41,76 | 0,73 | n.b. | 0,10 |
| Raseneisenerz von Kürzelt bei Linger Probe 4 | 9,50 | 25,59 | 11,03 | n.b. | 0,06 | 36,81 | 52,68 | 0,57 | n.b. | 0,09 |
| Mittelwert | 10,06 | 19,57 | 6,39 | n.d. | 0,16 | 43,32 | 61,98 | 1,18 | | 0,15 |

6 Zusammenstellung ausgewählter Analysen jüngertertiärer Erze („Rasenerze“) im Untersuchungsraum nach M. Lucius. Zur besseren Vergleichbarkeit sind die Fe-Gehalte ergänzend auch als Fe₂O₃-Werte dargestellt (rot).

Die Bohnererze schwanken zwischen 56 und maximal 73 Gew.% Fe₂O₃ bei Kieselsäuregehalten zwischen 20 und 31 Gew.% SiO₂. Aluminium schwankt

zwischen 2 und 9 Gew.% Al₂O₃. Phosphor fehlt fast vollständig. Auch die übrigen Bestandteile liegen wie bei den Sekundärerzen deutlich unter einem Prozent.

| Haupt- und Nebenelemente der drei unterschiedenen Hauptertypen | | | | | | | | | |
|---|--------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|---------------------|---------------------------------|
| DE: Dogger- und Liaserz (Minette); BE: Bohnerz; SE: jüngertertiäres Sekundärerz | | | | | | | | | |
| Probennr. | SiO ₂ % | TiO ₂ % | Al ₂ O ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | MnO % | MgO % | CaO % | Na ₂ O % | P ₂ O ₅ % |
| L-114 DE | 38,9 | 0,2 | 4,59 | 50,1 | 0,07 | 0,01 | 0,06 | 0,02 | 1,25 |
| L-119a DE | 36,8 | 0,01 | 0,14 | 60,1 | 0,21 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,09 |
| L-119b DE | 38,6 | 0,12 | 2,1 | 57,8 | 0,07 | 0,1 | 0,1 | 0,02 | 0,38 |
| L-06 BE | 30,6 | 0,14 | 2,46 | 56,6 | 0,05 | 0,14 | 0,14 | 0,02 | 0,23 |
| L-102 BE | 23,3 | 0,2 | 3,06 | 73,1 | 0,26 | 0,14 | 0,21 | 0,02 | 0,68 |
| L-117 BE | 25,8 | 0,4 | 9,38 | 66 | 0,12 | 0,04 | 0,11 | 0,02 | 0,34 |
| L-118 BE | 29,1 | 0,47 | 7,93 | 59 | 0,12 | 0,04 | 0,12 | 0,01 | 0,24 |
| L-0646c SE | 7,16 | 0,14 | 4,23 | 71,1 | 0,15 | 0,28 | 0,11 | 0,02 | 1,80 |
| L-0656b SE | 12,2 | 0,18 | 5,63 | 65,8 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,01 | 2,03 |
| L-104b SE | 21,5 | 0,2 | 3,70 | 74,4 | 0,14 | 0,10 | 0,10 | 0,02 | 2,59 |

7 Tabelle der pauschalchemischen Analysen der Haupt- und Nebenelemente ausgewählter Erzproben von den Surveys.

| Spurenelemente der drei unterschiedenen Hauptertypen | | | | | | | | | |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DE: Dogger- und Liaserz (Minette); BE: Bohnerz; SE: jüngertertiäres Sekundärerz | | | | | | | | | |
| Probennr. | Ba % | Sr % | Ni % | Zn % | Y % | Zr % | Cr % | V % | Summe |
| L-114 DE | 0,014 | 0,005 | 0,013 | 0,116 | 0,010 | 0,007 | 0,008 | 0,036 | 95,3 |
| L-119a DE | 0,004 | <0,001 | 0,007 | 0,016 | 0,008 | 0,002 | 0,004 | 0,06 | 97,5 |
| L-119b DE | 0,004 | <0,001 | 0,005 | 0,03 | 0,009 | 0,005 | 0,011 | 0,091 | 99,3 |
| L-06 BE | 0,003 | 0,001 | 0,002 | 0,032 | 0,005 | 0,008 | 0,012 | 0,17 | 90,4 |
| L-102 BE | 0,006 | 0,002 | 0,009 | 0,026 | 0,020 | 0,004 | 0,004 | 0,013 | 100,9 |
| L-117 BE | 0,006 | 0,002 | 0,011 | 0,037 | 0,008 | 0,009 | 0,028 | 0,16 | 102,2 |
| L-118 BE | 0,003 | 0,001 | 0,021 | 0,04 | 0,01 | 0,013 | 0,038 | 0,15 | 97,0 |
| L-0646c SE | 0,011 | 0,005 | 0,002 | 0,040 | 0,002 | 0,011 | 0,029 | 0,046 | 85,0 |
| L-0656b SE | 0,034 | 0,007 | 0,002 | 0,061 | 0,004 | 0,009 | 0,017 | 0,057 | 86,1 |
| L-104b SE | 0,007 | 0,004 | 0,017 | 0,062 | 0,003 | 0,007 | 0,012 | 0,039 | 102,7 |

8 Tabelle der pauschalchemischen Analysen der Spurenelemente ausgewählter Erzproben von den Surveys.

Mangan kommt im Bohnerz praktisch überhaupt nicht vor. Mit ihren teilweise hohen Eisengehalten von mehr als 70 Gew-% Fe₂O₃ (vgl. Abb. 7) eignen sich Bohnerze für die Verhüttung in einfachen Rennofenanlagen¹³, gerade weil sie keine nennenswerten Phosphorgehalte zeigen. Allerdings müssen die jeweils eisenreichsten Sorten als solche erkannt und vom ärmeren Material gesondert werden.

Die jüngertertiären Sekundärerze erweisen sich als eisenreich mit 66 bis 74 Gew.% Fe₂O₃. Dagegen nimmt sich der Kieselsäuregehalt mit 7 bis 22 Gew.% SiO₂ eher bescheiden aus. Aluminium ist mit 4 bis 6 Gew.% Al₂O₃ vertreten. Bemerkenswert ist der hohe Phosphorgehalt von 2 bis 3 Gew.% P₂O₅. Alle übrigen Bestandteile wie TiO₂, MnO, MgO, CaO und Na₂O rangieren weit unter einem Prozent. Mit seinen konstant hohen Eisengehalten und ausgewogenen, wenn auch geringen Kieselsäurewerten eignet sich das jüngertertiäre Sekundärerz besonders gut für das einfache Rennverfah-

ren. Die auf den ersten Blick nachteilig erscheinenden hohen Phosphorgehalte sprechen dem nicht entgegen. Schließlich kann sich Phosphor sogar Schmelzpunkt erniedrigend positiv auswirken. Es ist möglich, dass durch die Anwesenheit von Phosphor eine direkte Aufkohlung erschwert wird, so dass der Prozess vielleicht nicht immer Stahl¹⁴ erbrachte, andererseits ist aber auch ein phosphorreiches Eisen mit durchaus gewünschten Materialeigenschaften wie einer gewissen Härte und heller Farbe versehen.

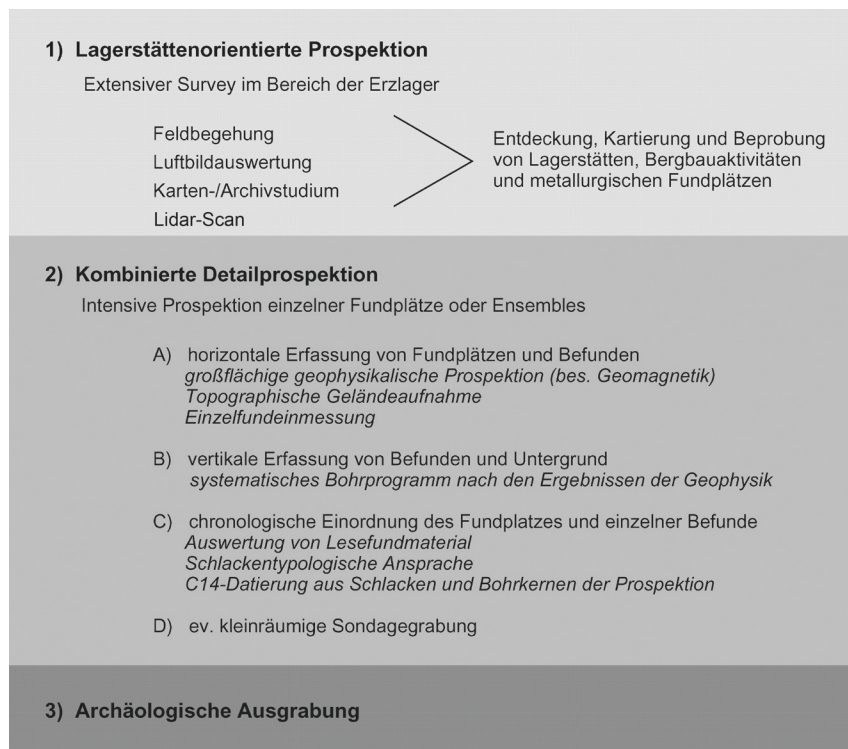
An gemessenen Spurenelementen (Abb. 8; vgl. Anhang Abb. 81) sind für alle Erze zu nennen: Barium, Strontium, Nickel, Zink, Yttrium, Zirkon, Chrom, Vanadium und Blei. In Nuancen lassen sich Trends erken-

13 Vgl. auch die Analysenergebnisse bei LUCIUS 1945, 307ff. Tabellen 1–2.

14 SCHÜRMANN 1958.

nen, die vielleicht zur Unterscheidung dienlich sein können. Barium und Strontium scheinen im Durchschnitt bei den Sekundärerzen etwas stärker vertreten zu sein, als bei den anderen Erzsorten. Zink erreicht bei einem Doggererz einen überdurchschnittlichen Wert. Ytrium liegt bei den Sekundärerzen besonders niedrig. Vanadium ist im Durchschnitt bei den Bohnerzen besonders hoch und beim Sekundärerz relativ niedrig.

3 Untersuchungsmethodik



9 Prospektionskonzept zur Erforschung antiker Montanregionen.

Nach Vorprospektionen in 2001 begannen 2002/2003 systematische Prospektionskampagnen. In den Jahren 2003/2004 wurden die Untersuchungen nach der Entdeckung einer potentiell eisenzeitlichen Verhüttungsstelle auf die Zone jüngertertiärer Sekundärerze zwischen Clemency und Linger fokussiert. Mit Abschluss der Winterkampagne 2004 war damit die größte zusammenhängende Lagerstättenzone im Überblick erfasst¹⁵ und eine Fortsetzung des Projektes konnte sich bis 2007 Detailprospektionen an dabei identifizierten Fundplätzen bzw. Fundplatzensembles früher Eisengewinnung widmen. Mit der Durchführung und Auswertung einer flugzeuggestützten Geländeaufnahme eines Teilareals mittels Laserscanning konnten die Kenntnisse über diese Montanregion 2006/2007 noch einmal beträchtlich erweitert und durch gezielte Feldarbeiten ergänzt werden¹⁶.

Unsere Forschungsarbeiten folgen einem dreistufigen Konzept (Abb. 9). Grundlage bildet die lagerstättenorientierte, großräumige Prospektion zur Identifizierung alter Abbau- und Verhüttungsstandorte. Darauf aufbauend können im Anschluss wichtige Fundstellen einer Detailprospektion unterzogen werden, die gege-

benenfalls durch eine archäologische Sondagegrabung abgeschlossen werden kann.

Im Jahr 2002 wurde mit den systematischen, am Verlauf der Erzlager orientierten Geländeprospektionen begonnen. Die räumliche Überschneidung von Erzgewinnung, Brennstoffproduktion (Köhlerei) und Verhüttung ist ein charakteristisches Merkmal vorneuzeitlicher Eisenproduktion¹⁷ und macht die lagerstättenorientierte Prospektion zum aussichtsreichsten Ansatz bei der Aufspürung alter Verhüttungsplätze¹⁸. Die Untersuchungen 2002 und 2003 ließen bereits erahnen, in welchem großem Maßstab die alte Montanlandschaft im

15 Dazu ausführlich SCHÄFER 2005.

16 SCHÄFER 2007a,b; zusammenführend ders. 2009.

17 HAUPTMANN/WEISGERBER 1983, 72.

18 Vgl. etwa Gassmann in SCHÄFER/STÖLLNER 2000/2001, 85ff.; ders. in GASSMANN U.A. 2005, 33ff. Dass auch weiter vom Erzlager entfernte Produktionsstandorte existierten, ist durchaus anzunehmen, doch steht ihre Einbeziehung in systematische Geländeprospektionen in einem nicht unproblematischen Verhältnis zum dazu notwendigen Aufwand. Gleichwohl können Zufallsfunde (etwa bei Bauarbeiten oder durch anderweitige Fundmeldungen) ein höchst wünschenswertes Korrektiv zum Fundbild der lagerstättenorientierten Prospektion bieten.

Südwesten Luxemburgs durch den industriellen Abbau der Neuzeit überprägt und umgestaltet worden war. Die weiteren Prospektionen mussten daher darauf zielen, zunächst einen Überblick über den gesamten noch erhaltenen Bestand an Montandenkmälern zu gewinnen. Dies geschah durch die Erfassung aller noch identifizierbaren Spuren einer Montanproduktion, durch sämtliche Zeiten hindurch.

Relevante Fundstätten der lagerstättenorientierten Prospektion wurden in einem zweiten Schritt einer Detailanalyse unterzogen (Abb. 9,2). Sie zielt darauf ab, Ausmaß und grundlegende Struktur des jeweiligen Fundplatzes bzw. Fundplatzensembles zu erfassen sowie Hinweise auf den Erhaltungszustand der Befunde, die grundlegenden Prozesstechniken und das Alter zu gewinnen. Dies wird durch den kombinierten Einsatz verschiedener Prospektionsmethoden erreicht. Die Grundlage bildet dabei eine möglichst großflächige Kartierung der Fundstelle mittels magnetischer Prospektion, gegebenenfalls ergänzt durch die Einzelfundeinmessung von Oberflächenfunden. Damit wird eine Erfassung der Fundstelle bzw. des Fundstellenensembles und ihrer grundlegenden Struktur in der Horizontalen erreicht. Daran schließen sich Bohrstocksondagen zur Erhebung befundrelevanter Daten (Befundart, -aufbau und -tiefe) in der Vertikalen an. Auch die Erfassung des Bodentyps und des geologischen Untergrundes ist Teil dieser Bohruntersuchungen. Kohlenstoffhaltiges Material aus entsprechenden Bohrstöcken kann für eine Datierung des Platzes mittels ¹⁴C-Untersuchungen herangezogen werden. Dieser Datierungsansatz ist der Alterbestimmung mittels Holzkohleneinschlüssen in Schlacken vorzuziehen, da sich bei letzterer Methode in anderen Räumen wiederholt unglaubliche Werte ergeben haben¹⁹.

Archäometallurgische Untersuchungen der Schlacken, Erze und weiterer Hinterlassenschaften relevanter Fundplätze geben zudem Rückschlüsse auf die Prozesstechniken sowie die Art und Qualität der verwendeten Erze. Neben der Charakterisierung unterschiedlicher Erzsorten lag das Hauptaugenmerk auf den älteren Produktions- und Verarbeitungsschlacken, die sich erfahrungsgemäß am ehesten in den Montangebieten erhalten können. Es galt, charakteristische Schlackentypen zu unterscheiden, durch deren detailliertes Studium die zu Grunde liegenden Bildungsprozesse theoretisch nachvollzogen werden können. Dadurch ist zu klären, ob es sich um Hinterlassenschaften einer Primärproduktion oder von nachgeschalteten Verarbeitungsschritten handelt. Darüber hinaus kann schließlich in groben Zügen eruiert werden, in wieweit sich die zugehörigen technischen Installationen rekonstruieren lassen. Dies liefert Anhaltspunkte zum Stand

der Technik innerhalb einer abgrenzbaren Region und ermöglicht im überregionalen Vergleich auch eine grobe zeitliche Einordnung.

Für die Untersuchungen an archäometallurgischem Probenmaterial boten sich in Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung umfangreiche Analysenmöglichkeiten. Zur Durchführung gefügekundlicher Studien an Schlackendünnschliffen und metallografischer Studien an Metallanschliffen waren neben der Durch- und Auflichtmikroskopie an polierten An- und Dünnschliffen auch rasterelektronenmikroskopische Detailstudien möglich. Gefügekundliche Analysen liefern Informationen über Aufschmelzungsgrad, Phasenzusammensetzung, Bildungstemperatur und weitere Prozessparameter der untersuchten Schlackenproben. Besonders bei Verarbeitungsschlacken lassen sich über nicht vollständig aufgeschmolzene Fremdeinschlüsse wesentliche Folgerungen zu den Ausgangsmaterialien und den an ihnen vorgenommenen Prozessschritten herleiten. Ergänzend lassen sich an Metallanschliffen Aussagen über die Qualität des Produktes und den Stand seiner Bearbeitung ablesen. Die Ermittlung des Haupt- und Spurenelementgehaltes an Schlacken und Erzen erfolgte mittels Optischer-Emissions-Spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Hochfrequenzplasma (ICP (OES) – Methode). Die genaue Zusammensetzung des Elementgehaltes ist wichtig für die Klassifizierung des Probenmaterials und liefert zudem Parameter zum Stand der Technik und den ausgeführten Prozessen. Durch charakteristische Elementverteilungsmuster und mittels Korrelationsdiagrammen lassen sich zudem zuverlässige Aussagen zur Erzgrundlage, und zukünftig hoffentlich auch zur Provenienz treffen.

Den Abschluss fundplatzbezogener Detailuntersuchungen kann schließlich eine gezielte Ausgrabung bilden (Abb. 9,3), die allein es ermöglicht, ein umfassendes Bild der Fundstelle zu gewinnen und sie in ihren technikgeschichtlichen, organisatorischen und ökonomischen Kontext zu stellen.

Im Jahr 2006 eröffnete sich die Möglichkeit, ein Feinniveau der Geländesituation in einem Teilbereich des Kernraumes zwischen Clemency und Linger zu erstellen²⁰. Da ein Großteil des Geländes von Wald bedeckt ist und das bisher verfügbare topographische Kartenmaterial gerade für Ausschnittdarstellungen nicht ausreicht, bot sich die einmalige Chance zur detaillierten, großräumigen Erfassung der Geländesituation. Die Methode flugzeuggestützter Geländeaufnahme mittels georeferenzierter Laserabtastung (ALS, LIDAR) wurde in den 1990er Jahre besonders für geowissenschaftliche Fragestellungen entwickelt²¹, doch wird das große Potential nun auch in anderen Bereichen genutzt²². Seit einigen Jahren kommen Befliegungen zu-

nehmend in der Archäologie und Denkmalpflege zum Einsatz²³. Auch Einsätze in montanarchäologischen Projekten lassen sich mittlerweile anführen²⁴. Durch das Last-Impulse Verfahren zur Eliminierung der Vegetation und moderner Bebauung eröffnet die Technologie gerade für Gelände unter Waldbedeckung Einblicke in kaum für möglich gehaltener Detailgenauigkeit. Die rasche Entwicklung der Technologie führt dabei zu einer stetig verbesserten Interpretationssicherheit, gerade was die Erkennung (und Eliminierung) nicht-archäologischer Störkörper (Unterholz, forstwirtschaftliche Eingriffe, etc.) betrifft²⁵.

19 Vgl. vorläufig SCHÄFER 2010, 86.

20 M. Schaich M.A. (ArcTron GmbH, Altenthann) ist für die Möglichkeit einer Befliegung und in der Folge für die Durchführung, Datenerhebung und -aufbereitung sehr zu danken.

21 HOSS 1997; EDER U. A. 2004; GEIST 2004.

22 CSAPLOVICS/WAGENKNECHT 2000; GEIST U. A. 2006.

23 KERSCHER 2002; HAUGER/SITTLER 2005; DEVREUX U. A. 2005; BEWLEY U. A. 2005. vgl. auch Beitrag R. HESSE.

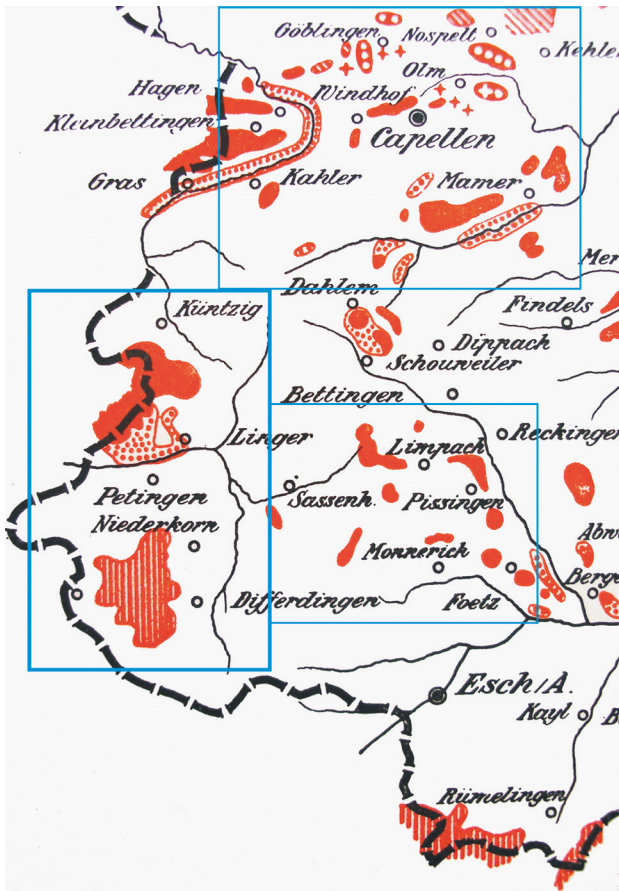
24 KRAFT/HOFMANN 2008.

25 DONEUS/BRIESE 2006; DONEUS U. A. 2008; HÖFLE/RUTZINGER 2011.

4 Ergebnisse der Geländeforschungen

4.1 Lagerstättenorientierte Prospektion

Die systematischen Prospektionen konzentrierten sich auf den Kernraum zwischen Titelbergplateau und Clemency. Ergänzende Begehungen fanden in den Regionen Kahler-Mamer und Sanem-Livange statt (Abb. 10). Von den im Wesentlichen drei lokal verfügbaren Lagerstättentypen wurde im Zuge der systematischen Geländeprospektionen ein Schwerpunkt auf die Bohnerze der Jurahochfläche und die jüngertertiären Sekundärerze gelegt²⁶, deren hoher Eisengehalt sie für die Rennfeuertechnologie zur ersten Wahl macht. Gleichwohl sei angemerkt, dass auch oolithische Erze, zu denen der dritte Lagerstättentyp der Minette gehört, nicht erst in der Neuzeit ausgebeutet wurden. Nachweise einer über das Frühmittelalter bis in römische Zeit zurückgehenden Nutzung wurden etwa aus Lothringen bekannt²⁷,



10 Ausschnitt der Erzkarte nach Lucius 1945 mit den Arealen der Übersichtsprospektionen (dünne Umrandung) und dem Kernareal des Untersuchungsraumes (dicke Umrandung). (Vgl. Abb. 4)

in Luxemburg gibt es dazu allerdings keinerlei Hinweise, vielleicht auch deshalb, weil es hier neben der Minette großräumig in Erscheinung tretende höherwertige Alternativen gab. Die Prospektionen im Bereich der Bohnerzvorkommen auf dem Juraplateau oberhalb des Titelbergmassivs ergaben auch dort eine sehr starke Überprägung durch neuzeitlichen Abbau. An den idealtypischen Standorten für ältere Produktionsstätten ließen sich keinerlei Spuren (mehr) nachweisen.

In die Surveys einbezogen wurden auch Terrassenlagen im Chiers-Tal mit sekundär angereicherten Erzen, auf die bereits 1997 von A. Storoni aufmerksam gemacht worden war. Systematisch wurden zudem die Fundplätze aufgesucht und überprüft, die bisher metallurgisches Fundmaterial erbracht hatten und die in die 1986 publizierte Carte Archéologique Blatt 24 „Differdange“ aufgenommen worden waren²⁸. Das Schlackenmaterial dieser Plätze erwies sich in allen Fällen als neuzeitlich und wird der Kategorie „Einzelschlacken/moderne Schlacken“ zugerechnet. Ein Nachweis älterer Montanaktivitäten ließ sich in keinem Fall erbringen.

Mit dem Fund eines 13kg schweren Schlackenklotzes (Abb. 11) in der Bachböschung des Wessegbaaches im Dezember 2003 gelang erstmals die Lokalisierung eines mutmaßlich sehr alten Verhüttungsplatzes (L004/L081). Der Fundplatz liegt unmittelbar südlich von Clemency (Küntzig) im Zentrum der größten zusammenhängenden Sekundärerzzone Luxemburgs zwischen Athus, Clemency, Linger und Pétange. Dieses



11 Entdeckung eines über 13 kg schweren Schlackenklotzes in der Böschung des Wessegbaaches im Dezember 2003 (Fundstelle L081).



12 Bachbettprospektion im Wesegbaachtal zusammen mit J. Metzler im März 2004.

Revier wurde in der Folge 2004–2005 systematisch prospektiert. Dabei konnten auf dem Plateau von Clemency und im Wesegbaachtal weitere alte Verhüttungsplätze lokalisiert werden. Das übrige Revier ist von neuzeitlichem Abbau so stark überprägt, dass ältere Fundplätze dort nicht mehr zu lokalisieren waren. Dass es sie ursprünglich gegeben hat, zeigen einzelne umgelagerte, typologisch markante Schlackenfunde aus dieser Region (s. u. Schlackenplätze).

Die systematische Begehung orientierte sich primär an Bachverläufen, die als Geländeeinschnitte die Möglichkeit einer Einsichtnahme in den Untergrund eröffnen und an deren Nähe erfahrungsgemäß die meisten Verhüttungsplätze gebunden sind. Begonnen wurde in den Kernzonen der Lagerstätte in dem bereits durch Vorprospektionen lokalisierten Areal zwischen Clemency und Linger im Taleinschnitt des Wesegbaaches (Abb 12).

Der Schwerpunkt der Geländebegehungen lag auf dem Frühjahr. Zweifellos ist der Zeitrahmen kurz vor Beginn der Wachstumsperiode für die Prospektion waldbedeckter Flächen am besten geeignet, wenn der Großteil des Herbstlaubes weitgehend verrottet ist bzw. sich abgesetzt hat oder vom Wind verblasen wurde. Die Sichtverhältnisse sind dann im Wald überwiegend gut, auf abgeregneten Ackerflächen ohne Wintergetreidebewuchs sehr gut. Selbst auf Wiesen, die sonst bei Begehungen aufgrund des Dauerbewuchses weitgehend ausfallen, bieten sich bei entsprechenden abgeregneten Maulwurfshügeln oder auch im Winter sehr gute Beobachtungsmöglichkeiten (Abb. 13; vgl. auch Abb. 5)²⁹. Für Ackerflächen wie auch Wiesen ist grundsätzlich die Witterung der vorangegangenen Tage und Wochen, insbesondere ausgiebige Regenfälle, von größerer Bedeutung. Hierfür können sich im Herbst- und Winter ebenso günstige bzw. bessere Prospektionsmöglichkeiten ergeben. Entsprechend kann eine Mehrfachbegehung des Geländes notwendig sein.



13 Maulwurfshügel als Informationsquelle. Clemency Burewiss. Festgefrorene Keramikscherbe (Amphore?) auf Fundplatz L100 (Dezember 2004).

Kürzere Prospektionskampagnen in Herbst und Winter konnten die verbliebenen Lücken im Begehungsbild schließen, so dass mit Abschluss der Untersuchungen nun ein vollständiger Überblick über dieses Revier vorliegt.

Ergänzend fanden Voruntersuchungen in rückwärtigen Räumen mit gleicher Erzbasis bis hinauf nach Göblingen-Nospelt sowie in den Raum Holzem-Mamer statt. Neben der Überprüfung der Genauigkeit der Lagerstättenkartierungen von M. Lucius dienten diese zunächst punktuellen Untersuchungen als Korrektiv der im Umfeld von Clemency gemachten Beobachtungen sowie der Sondierung weiterer potentieller Fundareale in Verbindung mit der Gewinnung entsprechender Erzproben.

Die insgesamt 146 im Rahmen des Projekts aufgesuchten bzw. entdeckten Lokalitäten sind auf der Kartenbeilage (Beilage 1) verzeichnet³⁰. Sie wurden im Gelände mit Hilfe des Global Positioning Systems erfasst und werden in Landeskoordinaten dargestellt³¹.

26 KABOTH 1969; RIEZEBOS U. A. 1990.

27 LEROY/PLOQUIN 1994; LEROY 1997.

28 KRIER U. A. 1986, insbes. 24D, Nr. 28.29.56.120.

29 S. u. S. 50, Entdeckung der Schlackenplätze L039 und L040.

30 Kartengrundlage: Topographische Karten 1:20.000 Nr. 20 Steinfurt und Nr. 24 Differdange. Nicht erfasst sind die Fundstellen L090–92 und L102, die sich weiter östlich, bzw. nordöstlich des Kartenausschnitts befinden. Auch einige Erzfundstellen ohne GPS-Erfassung sind nicht verzeichnet.

31 Verwendet wurde ein „Garmin GPS 12“ Handgerät. Bei der Relokalisierung der Fundstellen sind Abweichungen zwischen ca. 8 bis über 20 m einzukalkulieren. Die GPS-Werte sind als Richtwerte im dargestellten Kartenmaßstab ausreichend, können aber eine genaue Einmessung im Rahmen einer Detailprospektion nicht ersetzen.

4.1.1 Befundkategorien

4.1.1.1 Bergbauspuren

Die größte Rolle im Bestand montangeschichtlich relevanter Fundplätze spielen verschiedene Erzabbau Spuren, die von einzelnen Schürfgruben (z. B. L052) und kleinen bis mittelgroßen Pingenfeldern (z. B. L063) bis zu riesigen Tagebauen von mehreren hundert Metern Durchmesser reichen können (z. B. L014; L053; L065). Darunter fallen auch die eindrucksvollen frühindustriellen Erzminen wie im Süden des Reviers in der Flur „Engeschlach“ (L058–59) mit mehreren hintereinander geschalteten Erzwaschteichen im Bachverlauf, deren Staudämme hervorragend erhalten sind und teils noch mehrere Meter hoch aufragen (Abb. 14). Auch am Lumberg (L066) und am Nordwesthang des Lamerbierts (L096–97) finden sich vergleichbare, wenn auch kleinere Anlagen (vgl. unten Abb. 20 und 21).

Besonders markant und für ganze Landschaftsteile gerade im Minette-Revier typisch sind die weiträumigen Terrassierungen im Bereich ausgeerzter Hänge, die häufig eine landwirtschaftliche Nachnutzung erfahren haben. Sie belegen eindrucksvoll den massiven neuzeitlichen Eingriff des Menschen in die Landschaft (Abb. 15). Hier sind jegliche Überreste älterer Aktivitäten großflächig vernichtet. Als Beispiele können die Erzminen westlich von Clemency im „Lechelchen“ oder „Nonnengronn“ angeführt werden (L076 und L077), zu denen sich zahlreiche weitere Abbaureviere hinzufügen lassen (vgl. unten Abb. 18).

Die meisten Bergbaurelikte der Region stammen vom Abbau von Eisenerzen, doch sei auch auf Steinbrüche, etwa für die Gewinnung von Kalksteinen (L016,



15 Unruhiges Relief mit Terrassierungen und verschliffenen Bergbauhalden als Anzeiger großflächigen Tagebaus westl. Zillboesch, nördlich von Linger (L048). Aufnahme März 2004.

L024) hingewiesen, die die Nutzung weiterer Rohstoffe im Untersuchungsgebiet belegen können.

4.1.1.2 Köhlerplätze

Auch Köhlerplätze wurden bei den Begehungen gelegentlich beobachtet. Das Hauptaugenmerk der Prospektion richtete sich auf die Bach- und Taleinschnitte, an denen die meisten Verhüttungsstandorte erwartet werden können. Die Meilerstandorte (Podien) liegen dagegen häufig rückwärtig in den Hangbereichen zwischen den Taleinschnitten. So verwundert es nicht, dass allein vier der lediglich neun bis 2004 lokalisierten Plätze an den Nordosthängen des Bois d'Athus und des Juffer Busch zwischen Guerlange und Linger beim Querren des Hanges auf dem Weg von einem Taleinschnitt zum nächsten registriert worden sind. Es handelt sich



14 Fundplatz L058 Engeschlach, neuzzeitliche Erzmine. Ringförmiger Wallkörper des 2. Erzwaschteiches (März 2004).

um rundliche bis ovale Podien von 6–10 m Durchmesser, die durch starke Holzkohleeinträge als Meilerstandorte identifizierbar sind. Über ihre Datierung lassen sich zunächst keine genaueren Aussagen machen. Mit der großräumigen Erfassung der Geländesituation mittels Laserscan hat sich das Verbreitungsbild grundlegend gewandelt (s. unten Abb. 19). Man erkennt nun die systematische Erschließung des Holzbestandes der bewaldeten Hanglagen durch in regelmäßigen Abständen angelegte Meilerpodien mit jeweils eigener Zuwegung (s. u.).

4.1.1.3 Erzprobenstellen

Im Rahmen der Feldarbeiten war keine systematische Beprobung aller Erzvorkommen möglich. Die Probenahme musste auf Stichproben beschränkt bleiben. Die Entscheidung einer Probenentnahme richtete sich nach der Qualität der Erze, der relativen Lage des Platzes im Erzrevier (Kernbereich, Randzone, außerhalb bisher kartierter Lagerstättenbereiche) sowie nach der Nähe zu Montanfundenplätzen. So wurde bei Schlackenplätzen und Abbaustellen stets versucht, unmittelbar am Ort oder in der näheren Umgebung eine Erzprobe für spätere Analysen zu gewinnen. Die Begehungen zeigten, dass innerhalb der Lagerstätte sehr deutliche und oft kleinräumige Unterschiede in den Erzkonzentrationen auftreten können.

4.1.1.4 Schlackenplätze

Der Identifizierung von Schlackenfundstellen als Produktions- oder Verarbeitungsplätzen – gleich welcher Zeitstellung – galt das Hauptaugenmerk der Prospektionen. Nicht immer jedoch zeigt der Fund einer Schlacke tatsächlich einen derartigen Produktions- oder Verarbeitungsplatz an, denn häufig finden sich Schlacken in Sekundärlage etwa in Dammkörpern oder als Wegebefestigung wieder verwendet. Schlacken des Hochofenprozesses und moderner Verarbeitungsverfahren wurden auf diese Weise im 19. und 20. Jahrhundert weiträumig umgelagert, aber auch schon aus älterer Zeit ist dies bekannt. Im Untersuchungsraum sind nahezu sämtliche Dammkörper der Bahnstrecken aus kleinstückigen Hochofenschlacken gebildet. Gut zu beobachten ist dies z. B. bei den Gleisanlagen der Mine von Fond de Gras am Titelberg oder entlang der Bahnstrecke Sanem – Livange (Abb. 16). Es ist daher notwendig, bei der Ansprache von Schlackenfunden diesem Umstand Rechnung zu tragen. Da modernen Schlacken als Störungsanzeigern des archäologischen Fundbildes durchaus Bedeutung zukommen kann, wurden sie, insbesondere in Zweifelsfällen und in weniger typischen Fundlagen, unter der Kategorie „Einzelschlacken/moderne Schlacken“ mit erfasst. Durch die



16 Sekundärnutzung neuzeitlicher Schlacken. 1) Bahndamm der Bahnlinie Sanem – Livange (oben); 2) Gleiskörper aus maschinell zerkleinerten Hochofenschlacken bei der Mine von Fond de Gras (unten). Aufnahmen Dez. 2005, bzw. März 2004.



starke neuzeitliche Überprägung bilden Einzelschlacken einen hohen Prozentsatz der Schlackenfundstellen im untersuchten Revier. Hierzu zählen auch sämtliche in der Carte Archéologique bisher verzeichneten Schlackenfundstellen³².

Dass sich unter neuzeitlichen Schlackenagglomerationen, zumal an Wegrändern, auch älteres Material finden kann, zeigt z. B. eine verrollter Schlackenklotz ähnlich den Funden aus dem Wessegbaach zusammen mit Autoreifen, Hochofenschlacke und anderem neuzeitlichem Abfall neben dem Forstweg bei L056 zwischen „Stackels“ und „Houboesch“ am Südhang des Roden Busch/Bois d’Athus (s. Abb. 18). Auch an den Proben vom Wessegbaach selbst erbrachte erst die archäometallurgische Untersuchung genaueren Aufschluss. Un-

32 Siehe oben mit Anm. 28.

ter mehreren, in die Bachböschung abgekippten neuzeitlichen Abfällen (Betonteile, Hochofenschlacken, etc.) fand sich eine morphologisch abweichende Schlacke einer älteren Rennfeuerhüttung. Die gezielte Nachsuche am Fundplatz führte später zur Lokalisierung des ersten vorgeschichtlichen Ofenplatzes (L004/L081, s. u.).

Schlackenkonzentrationen/Schlackenplätze, die mit der Rennfeuerhüttung und nachgeschalteten Verarbeitungsschritten in Verbindung gebracht werden können, sind im untersuchten Revier bisher nur in begrenzter Anzahl nachgewiesen. Sie werden unten im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Detailprospektionen ausführlicher behandelt. Bisher liegen sie sämtlich in der Zone der jungtertiären Sekundärerze südlich von Clemency. Im Bereich der Bohnerze der Jurahochfläche, wo man sicherlich mit älteren Produktionsstandorten rechnen muss, haben sich bisher keinerlei Hinweise finden lassen. Dies wird auf die starke Überprägung durch neuzeitlichen Abbau zurückzuführen sein, der hier neben der Bohnerzförderung auch Stein- und Lehmementnahmen einschließt. Dadurch scheinen ältere Spuren weitgehend verloren zu sein.

4.1.1.5 Weitere Fundstellen

Abgesehen von den montanarchäologischen Fundstellen wurden im Rahmen der systematischen Prospektionen weitere archäologische Fundplätze entdeckt. Es handelt sich hauptsächlich um Lesefundstellen von Keramik, verziegeltem Lehm etc., die auf eine ältere Besiedlung hinweisen. Meist ist die geborgene Keramik zu unspezifisch, um eine genauere Ansprache zuzulassen, im Falle von Fundstelle L100 handelt es sich jedoch bei einigen Scherben wohl um Amphorenfragmente. Dieser Fundplatz ist höchst bemerkenswert, liegt er doch nur rund 350 m nördlich des 1987 ausgegrabenen spälatènezeitlichen Prunkgrabes von Clemency. Auf engem Raum wurden die Keramikfragmente im Rahmen der Winterkampagne 2004 aus mehreren benachbarten Maulwurfshügeln geborgen (vgl. Abb. 13). Ist die Identifizierung als Amphorenfragmente richtig, könnte sich damit ein zum Grab von Clemency zugehöriger Fundplatz abzeichnen, wobei auch ein weiterer Grabfund nicht auszuschließen wäre. Schließlich vermutete man bereits bei Entdeckung des Grabes von Clemency 1987 weitere Gräber im Umfeld, wie es auch von anderen spätkeltischen Adelsnekropolen bekannt ist³³.

In diesem Zusammenhang ist auch der im Rahmen der Frühjahrskampagne 2004 auf dem Lumbierg aufgenommene Grabhügel aufzuführen (Abb. 17). Es handelt sich um eine kreisrunde Hügelschüttung von ca. einem dreiviertel Meter erhaltener Höhe und einem



17 Guerlange Lumbierg Fundstelle L071 (Belgien). Zwischen zwei großen neuzeitlichen Tagebauen blieb dieser kleine Grabhügel wie durch ein Wunder erhalten.

Durchmesser von rund 8 m. Zwischen zwei großen, neuzeitlichen Tagebauen blieb er wie durch ein Wunder erhalten. Zur Zeitstellung lassen sich bisher keine Aussagen machen, doch würden die Maße durchaus zu anderen spätkeltischen Grabanlagen passen. Das Prunkgrab von Clemency befindet sich in einer Entfernung von rund 1 km nach Westen. Nähere Aufschlüsse zur Zeitstellung des Grabhügels ließen sich durch eine magnetische Prospektion erzielen, die es ermöglichen könnte, eventuelle Einfriedungen (Grabgärten) oder weitere Befunde des Umfeldes zu detektieren.

4.1.2 Ergebnisse der lagerstättenorientierten Prospektion

Mit dem Abschluss des Projektjahres 2004 lag ein Prospektionsergebnis vor, das eine erste Beurteilung der alten Montanregion im Südwesten Luxemburgs im Vorland des Titelbergs zuließ und in der Folge ab 2005 neben ergänzenden Geländebegehungen Detailuntersuchungen gemäß Abb. 9,2 ermöglichte.

Insgesamt waren bis zu diesem Zeitpunkt 102 Lokalitäten aufgesucht bzw. entdeckt worden (vgl. dazu Fundstellenliste im Anhang). An 38 Stellen waren Erproben genommen, meist aus dem Nahbereich oder unmittelbar von Schlackenfundstellen. Abbauspuren in Form von Schürfgruben, Pingenzügen oder Tagebauen konnten nicht systematisch kartiert werden, nur ihre räumliche Ausdehnung wurde grob erfasst.

Der Detailausschnitt Abb. 18 der Gesamtkarte schlüsselt die einzelnen Fundstellentypen im Bereich des bis 2004 systematisch begangenen Erzreviers zwischen Clemency und Pétange/Linger genauer auf und ermöglicht eine Zusammenfassung der erzielten Er-

33 METZLER u. a. 1991, 35ff.

gebnisse³⁴. Prägend sind die Eingriffe in die Landschaft durch den neuzeitlichen Abbau, der im 16. Jahrhundert bzw. im 17. Jahrhundert mit dem Bau der Holzkohlehochöfen von Lasauvage (um 1623) eingesetzt haben dürfte. Sie wurden auf der Abbildung schematisch mit einer roten Schraffur gekennzeichnet. Betroffen sind fast alle Taleinschnitte, insbesondere in den südlichen Hangbereichen, ebenso wie die Kuppen der Hügelkette des Roden Busch/Bois d'Athus. Hier dürften, ähnlich wie in den großen Tagebaubereichen westlich und östlich von Clemency (Lechelchen, Nonnengronn, Wolkeschbiert), ältere Bergbau- und Verhüttungsaktivitäten weiträumig überprägt bzw. abgetragen sein.

Nur im Bereich des Wessegbaach-Taleinschnitts scheinen neuzeitliche Eingriffe weitgehend ausgeblieben zu sein. Hier blieb, einzigartig für das Revier im Ganzen, ein Teil des ursprünglich vorhandenen vor- und frühgeschichtlichen Montanensembles aus Köhler-, Abbau- und Verhüttungsplätzen erhalten. Ob dies mit der Kartierung der Lagerstätte zusammenhängt, die in diesem Bereich eine Aussparung anzeigt, oder ob das Tal als Durchgangsraum fungierte und daher vom Abbau verschont wurde, muss zunächst offen bleiben. Erze ließen sich jedenfalls, entgegen der Kartierung, in großer Zahl und Güte noch bis in die Tallagen nachweisen. Für ganz Luxemburg bisher einmalig sind die prähistorischen Verhüttungsplätze am Wessegbaach L004, L044 und L081, mit etwas Vorsicht auch der Fundplatz L056 vom Bois d'Athus. Daneben wurden früh- bis hochmittelalterliche Verhüttungsplätze erfasst, die die Möglichkeit bieten, genauere Einblicke in die vorneuzeitliche Eisenproduktion in Luxemburg zu gewinnen, bevor mit dem 13./14. Jahrhundert³⁵ und dann besonders mit der Einführung der Hochofentechnologie in der frühen Neuzeit die industrielle Ausbeutung der Lagerstätten einsetzt, die das Bild Luxemburgs bis ins 20. Jahrhundert hinein prägen sollte.

Lässt sich im Tal des Wessegbaaches auch bisher kein neuzeitlicher Abbau nachweisen, so bedeutet dies andererseits nicht, dass die prähistorische und früh-/hochmittelalterliche Montanlandschaft hier völlig unangetastet überdauert hätte. Vielmehr sind auch die dort ursprünglich vorhandenen antiken/mittelalterlichen Schlackenhalde weitestgehend der neuzeitlichen Wiederverhüttung im Hochofen zum Opfer gefallen³⁶. Die detektierten Schlackenplätze repräsentieren meist nur die letzten Überreste, die nach dem Abfahren der Halden am Ort verblieben sind. Besonders deutlich zeigt dies der Fundplatz Clemency L046 Jongebbesch, an dem sich nur noch einzelne kleine Fließschlacken im Bach finden ließen. Von dem einstigen Ofenstandort und der zugehörigen Halde oberhalb der Bachböschung waren überhaupt keine Reste mehr auffindbar.

In den (Rand-) Bereichen neuzeitlichen Abbaus sind manchmal noch ältere Spuren erhalten geblieben, deren Aufspürung freilich mit großen Unwägbarkeiten behaftet ist. Dass sich hierbei dennoch ganz wesentliche Erfolge erzielen lassen, zeigen etwa der zwischen zwei Tagebauen auf dem Lumbiert entdeckte Grabhügel L071 oder die beiden Schlackenhalde L095 und L099 am Lamberbiert, unterhalb derer direkt der neuzeitliche Abbau mit mindestens zwei hintereinander gestaffelten Erzwashbassins einsetzt (L096, L097; vgl. Abb. 21).

4.2 Flugprospektion (airborne laserscanning)

Die Erfassung eines Teils der Untersuchungsregion mittels hochauflösender Geländevermessung erlaubte einen sehr detaillierten Einblick in die Landschaft und die Montandenkmäler und hat unser Verständnis der Kleinlandschaft im Süden von Clemency geradezu revolutioniert. Die Befliegung wurde unmittelbar vor Beginn der Vegetationsperiode im Frühjahr 2006 durchgeführt. Das erfasste Areal zwischen Clemency und Hautcharage weist eine Größe von ca. 6,7 km² auf (Beilage 2). Die Daten des DSM und des DTM³⁷ liegen für das gesamte Areal im 1m-Raster vor. Ebenso steht ein digitales Orthofoto des beflogenen Gebietes zur Verfügung, das mit den Geländedaten verschnitten werden kann³⁸.

Die Auswertungen der Geodaten und die Verschneidung mit den Ergebnissen der Geländearbeit wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Physische Geographie der Universität Jena durchgeführt³⁹. Die Fülle an Informationen, die durch die Flugdaten zu den

34 Mit einbezogen sind hier auch Fundstellen aus diesem Gebietsausschnitt, die in den Folgejahren im Zuge weiterer Begehungen entdeckt wurden.

35 Vgl. OVERBECK 2011.

36 Dies entspricht einer weit verbreiteten Praxis frühneuzeitlicher Verhüttungstätigkeiten, handelt es sich doch bei den prähistorischen/mittelalterlichen Halden, deren Fayalitschlacken regelhaft Eisenoxidgehalte von ca. 55% enthalten, um bestes und leicht zugängliches Rohmaterial. Ganze Erzreviere wurden auf diese Weise ihrer prähistorischen/mittelalterlichen Vergangenheit beraubt. Vgl. dazu etwa: Kempa 1995 für die Schwäbische Alb, oder Jockenhövel/Willms 2005, 99–101 für das Dietzhölzetal.

37 DSM: Digital Situation Modell (inkl. Vegetation und moderner Bebauung); DTM: Digital Terrain Modell (ohne Vegetation und moderne Bebauung; Last-Impulse Verfahren).

38 Die Rohdaten wurden von der Firma ArcTron aufbereitet und zusammen mit einem kurzen technischen Bericht am 05.08.2006 überstellt.

39 R. Hesse, ehemals Institut für Physische Geographie, Universität Jena (heute LAD Esslingen), ist für die Zusammenarbeit herzlich zu danken. Seine Erfahrungen im Umgang mit digitalen Geländedaten haben die Auswertungen maßgeblich vorangebracht.

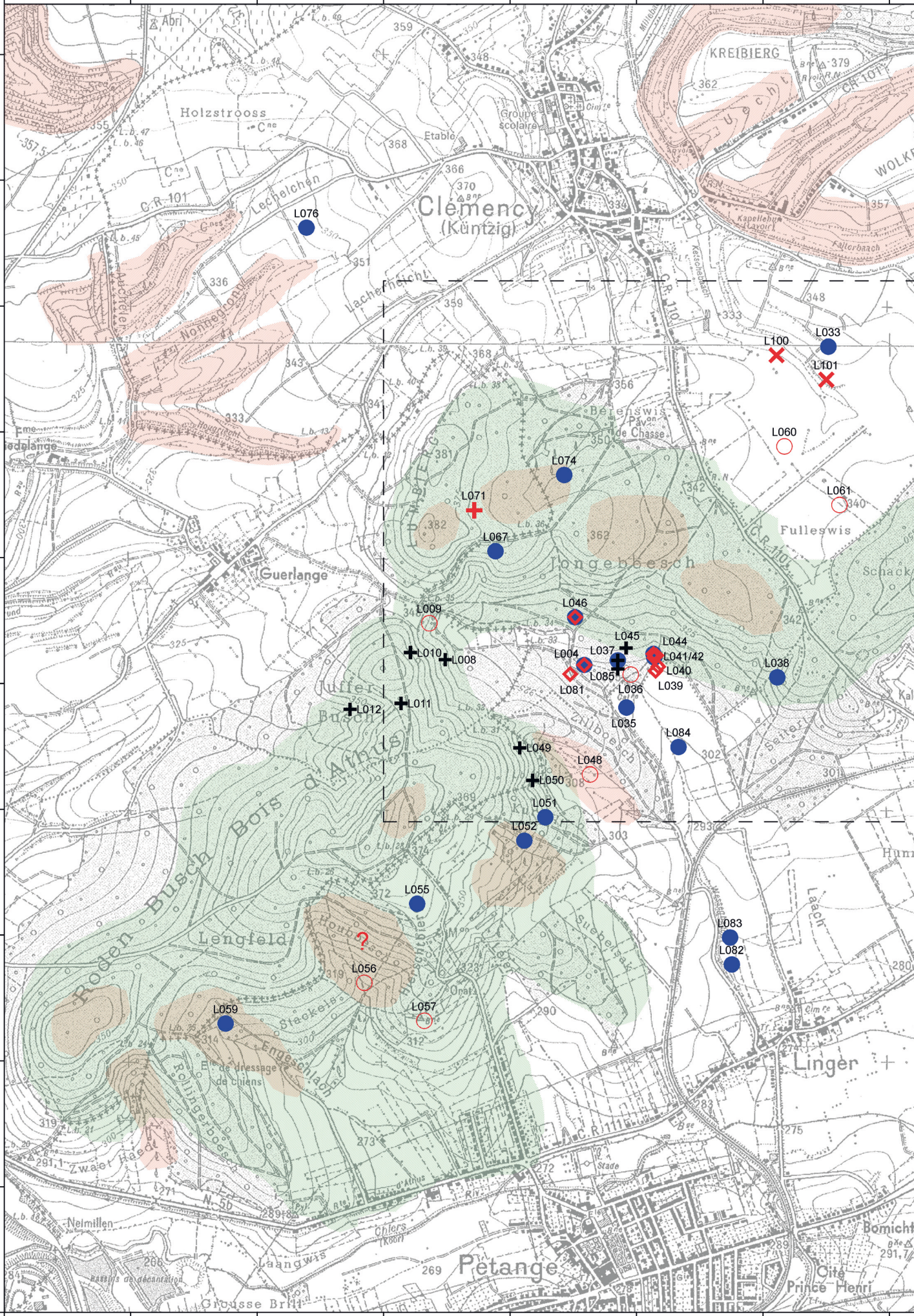
74000

72000

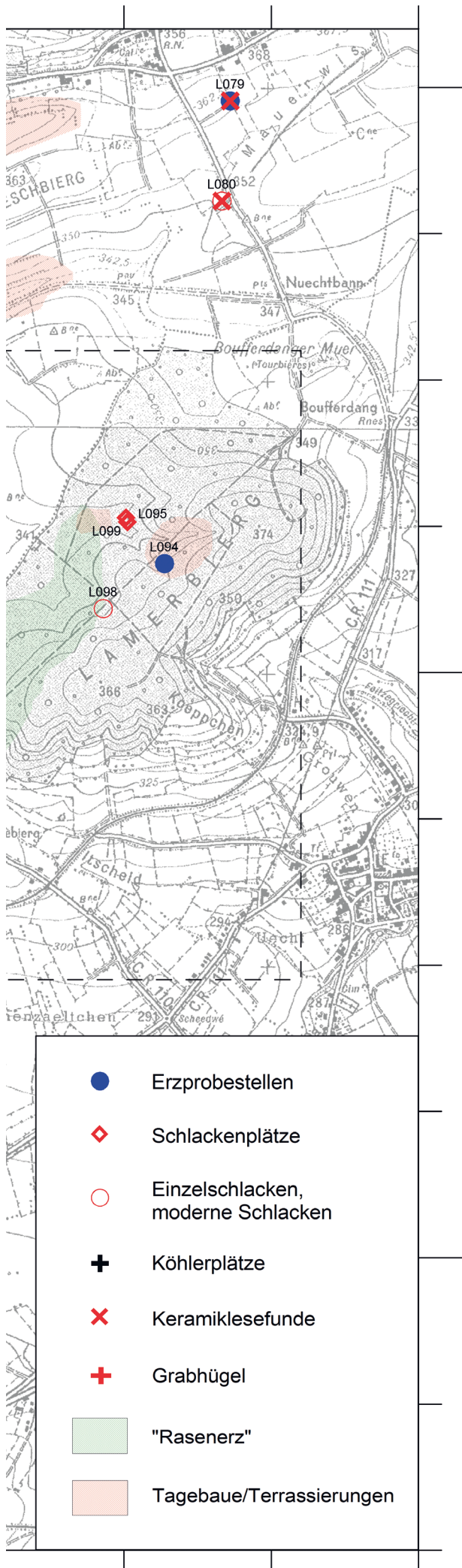
70000

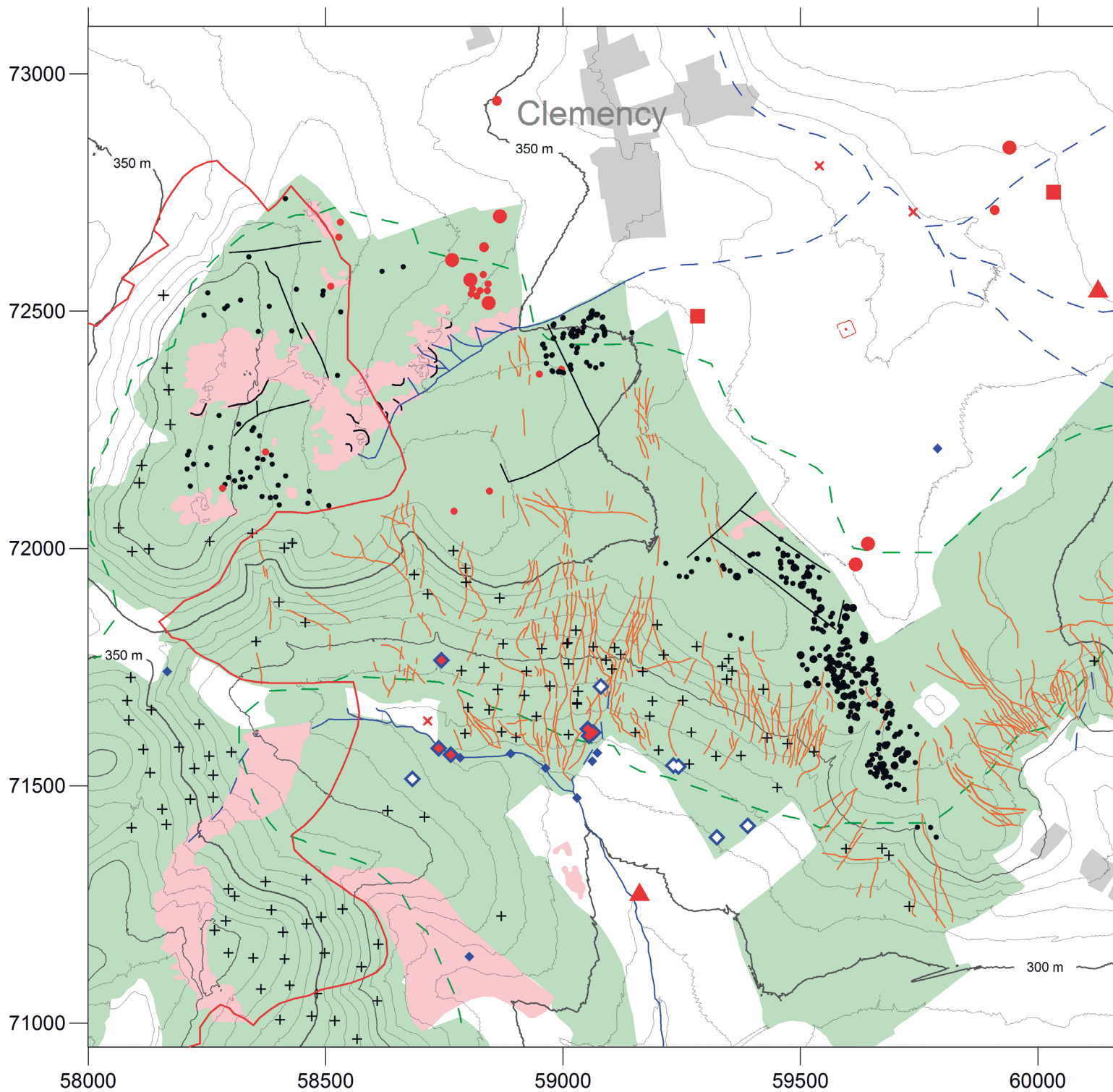
58000

60000



18 Ergebnisse der lagerstättenorientierten Prospektion bis 2004 im Erzrevier zwischen Clemency und Pétange. Das Areal des Laserscans von 2006 ist mit gestrichelter Linie markiert (vgl. Beilage 2 und Abb. 19).

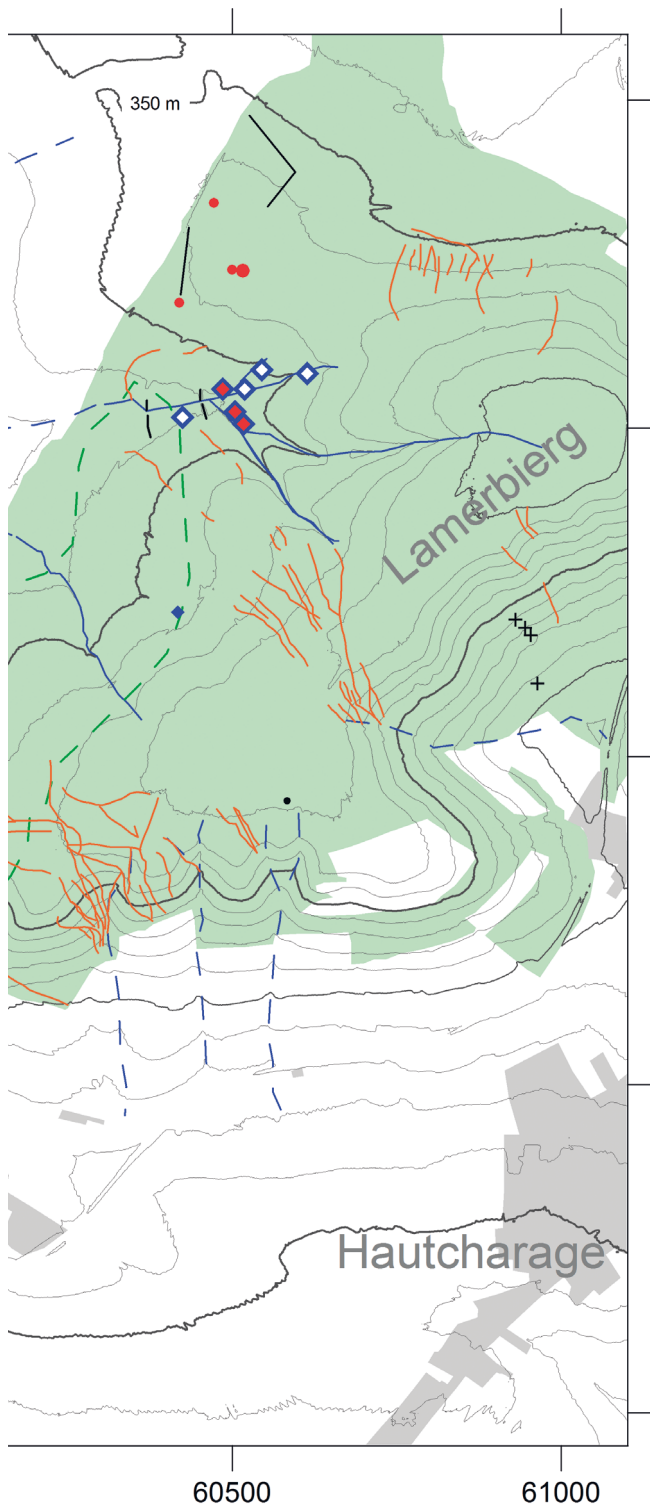




- | | | | |
|-----|--|-------|--|
| ◆ | Schlackenplätze | ● ● ● | mögliche Grabhügel (nach Lidar-Scan) große Signatur >20m mittlere Signatur 10-20m kleine Signatur < 10m |
| ◇ | potentielle weitere Schlackenplätze | × | Keramiklesefunde |
| ◆ | Einzelschlacken | ■ ▲ | weitere Fundplätze nach Krier u.a. 1986 |
| ● ● | Pingen | — | alte Wegetrassen |
| ■ | Tagebaue | - - - | Grenze der Erzlagerstätte nach geol. Karte |
| ⌋ | Dämme/Wälle, bzw. markante Flurgrenzen | — | Landesgrenze |
| + | Hangpodien (Köhlerpodien) | | |

4.2 Flugprospektion (airborne laserscanning)

19 Gesamtdarstellung archäologischer Fundstellen und sichtbarer Geländedenkmäler im Bereich des Laserscans von 2006 zwischen Clemency und Hautcharage, Südwestluxemburg. Ergebnisse von Ausgrabung, Oberflächensurvey und Auswertung des airborne laserscanning.



verschiedensten Denkmälertypen bis in Details hinein gewonnen werden konnten, können im Folgenden nur angerissen werden. Um die oft sehr geringen, mit dem Auge im Gelände nicht mehr wahrnehmbaren Reliefunterschiede anthropogener Relikte sichtbar zu machen, wurden die Daten in der Vertikalen überhöht und auf unterschiedliche Arten gefiltert. Insbesondere das Herausrechnen der grundlegenden Hangneigung ermöglicht dabei die Visualisierung sonst nicht mehr erkennbarer Geländemerkmale⁴⁰ (siehe z. B. unten Analyse der Grabhügel). Die Auswertungen des Geländescans bedürfen wiederholter Geländegänge zur Verifikation bzw. Falsifikation vorgenommener Zuweisungen. Das konnte in bisher zwei Kampagnen im Jahr 2007 realisiert werden. Schwierigkeiten bereitete dabei seinerzeit weniger die Beurteilung im Laserscan auffälliger Plätze im Gelände, als vielmehr ihre Relokalisierung, da in den Waldgebieten kein Vermessungsnetz vorhanden ist und das GPS-Gerät für eine punktgenaue Lokalisierung nicht ausgelegt war. Mittlerweile sind leistungsstärkere Geräte im Handel, so dass derartige Probleme nicht mehr auftreten dürften. Abb. 19 gibt den Stand der Auswertungen wieder.

4.2.1 Bergbaurelikte

In beeindruckender Deutlichkeit zeichnen sich die ausgedehnten Spuren des Erzabbaus im Gelände ab. Erstmals lassen sich diese Montandenkmäler nun in ihrer gesamten Ausdehnung und Struktur erfassen und beschreiben. Dabei können verschiedene Varianten ausgegliedert werden, die in Zukunft eine chronologische Differenzierung ermöglichen dürften.

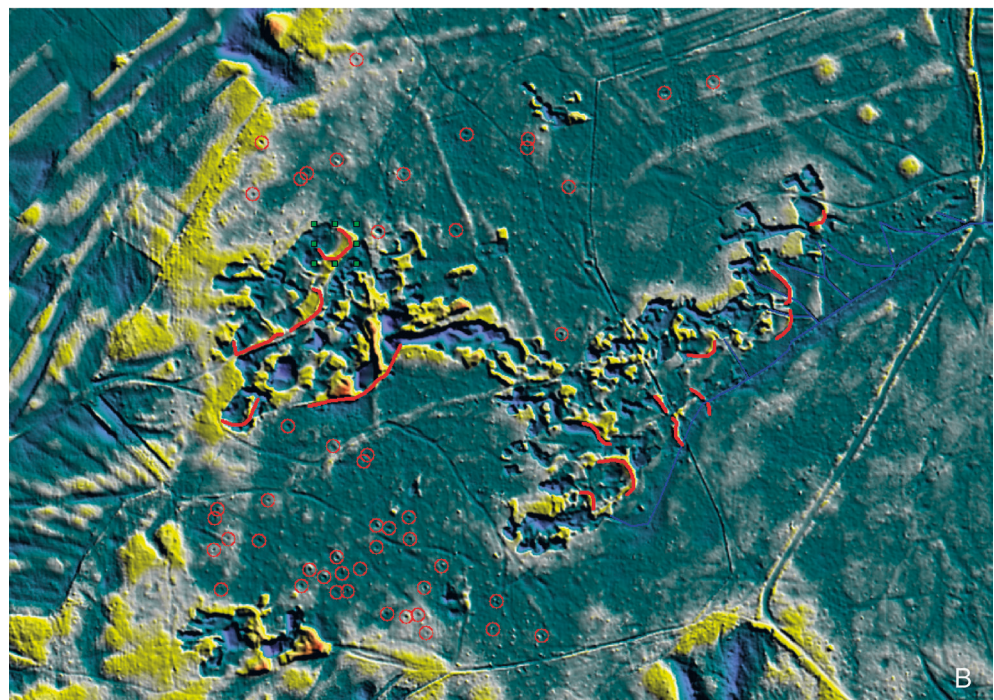
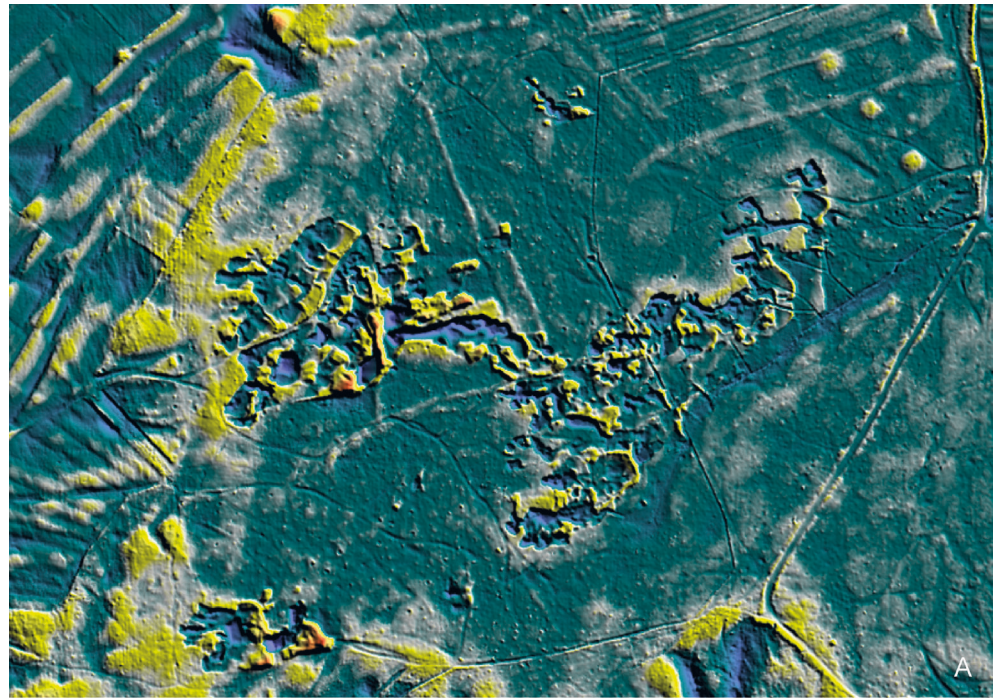
Auf dem Lumberg (Jongebbesch) bis zur Berenswis unmittelbar südwestlich von Clemency liegen in mehreren räumlich abgegrenzten Arealen die Relikte großer Tagebaue. Hier stehen in Verwitterungslehme eingebettete, jüngertertiäre Sekundärerze („Rasenerze“) an. Die Abbauspuren bedecken ein Areal von insgesamt rund 11 ha. Der größte zusammenhängende Bereich im Zentrum umfasst eine Fläche von knapp 8 ha und erstreckt sich nördlich eines kleinen Baches, der von Südwest nach Nordost entwässert. Schon bei der Geländebegehung 2004 waren hier kleinere Staudämme im Bachbereich aufgefallen, ohne dass freilich die Gesamtstruktur der Anlage erfasst bzw. verstanden werden konnte⁴¹. Die Befliegungsdaten offenbaren nun, dass nicht nur entlang der Wasserrinne mehrere Bachverbauungen vorhanden sind, sondern dass auch in den rückwärtigen Abbauräumen stockwerkartig derartige Stauanlagen vorliegen (Abb. 19 und Abb. 20). Die Erze wurden offensichtlich unmittelbar vor Ort in künstlich geschaffenen Waschteichen vom Lehm befreit und dann aufgeladen und abtransportiert.

Besonders gut ist die Abbaustruktur im Osten des Zentralareals zu beobachten. Hier münden mehrere künstlich geschaffene Zuflüsse hintereinander in den Hauptbach, die sämtlich von zwischengeschalteten Waschkörpern herführen.

Anders stellt sich die Situation auf dem Lumberg dar. Hier zeichnen sich zwei im Abstand von 85 m errichtete Staudämme im Bachbett ab, die bereits 2004 bei Begehungen lokalisiert worden waren⁴². Die Dammkörper sind hervorragend erhalten, ihre Dammkronen erheben sich bis 1,3 m über die Umgebung und lassen noch die originalen Abböschungen erkennen. Der Profilschnitt verdeutlicht ihre Einbindung in die Hangneigung (Abb. 21). Im Umfeld der sehr gut erhaltenen Anlage fehlen jedoch größere Abbauspuren, wie sie etwa in der Engeschlach (L058–59) im Zusammenhang mit den Erzwaschkörpern auftreten. Wir dürften hier eine räumliche Trennung zwischen Abbau und Erzwäsche greifen, die Bachläufe am Lumberg stellen ohne Zweifel die größten Wasservorräte auf dem gesamten Plateau von Clemency bereit. Die Lagerstätten erreichen gerade noch diesen Bereich, nördlich und östlich finden sich keine Erzvorkommen mehr. Die geologische Kartierung stimmt hier sehr genau mit den tatsächlichen Gegebenheiten überein. Dass dieser Randbereich der Lagerstätte auch bereits viel früher ausgebeutet worden ist, belegen die erwähnten mittelalterlichen Verhüttungsspuren (s. u.).

Weder die Tagebaue von Lumberg und Jongebbesch mit ihren unmittelbar beigeordneten Waschteichen, noch die größere Stauanlage vom Lumberg sind bisher datiert. Dass es sich um neuzeitliche, vielleicht frühneuzeitliche Anlagen handelt, kann aber als sicher angenommen werden. Hier wird es lohnend sein, über die Bergbauarchive den Anschluss an die historische und archivalische Überlieferung zu suchen. Vielleicht kann man aus der offensichtlichen Trennung zwischen Abbau und Erzwäsche, wie sie mit der Stauanlage am Lumberg greifbar wird, bereits auf eine fortgeschrittene, stärker spezialisierte und in ihrer Dimension gesteigerte Abbautechnologie schließen. Die Stauanlage vom Lumberg gehörte dann zu den jüngsten Relikten des neuzeitlichen Abbaus. Bevor man solche Gedanken aber weiter verfolgt, wird es notwendig sein, die übrigen Tagebaue des Reviers, gerade auch die riesige Mine in der Engeschlach im Süden, in Dimension und innerer Struktur gleichermaßen zu erfassen und mit der schriftlichen Überlieferung zu konfrontieren.

Auf der Hochfläche von Lumberg und Jongebbesch fallen im Laserscan kleine teils von einseitig oder beidseitig begleiteten Aushub-(?)Wällen gesäumte Geländedepressionen auf (vgl. Abb. 19). Es lag der Ver-



20 A: Eisenerzgewinnung auf der Hochfläche von Clemency, südwestlich des Grabhügelfeldes Berenswis (LiDAR-Daten, Feinrelief, ohne Hangneigung). B: Markierung der Abbau-spuren. Mehrgliedriger Tagebau mit Staudämmen zur Erzwäsche (rote Linien), (älterer?) Pingenabbau (rote Kreise). Vgl. auch Beitrag Hesse Abb. 3–4.

0 150m

dacht nahe, dass es sich dabei um einen (älteren) Pingenabbau handeln könnte. Pingen waren dort bei den Geländebegehungen wiederholt erfasst worden. Vor einer Überprüfung vor Ort hätte man allerdings nicht gewagt, die Vielzahl dieser Strukturen im Laserscan alle als Pingen zu kartieren, kämen doch auch andere Interpretationsmöglichkeiten, allen voran Baumwürfe, in Betracht. Die Autopsie der Strukturen wurde in den beiden Kampagnen 2007 vorgenommen, aufgrund der

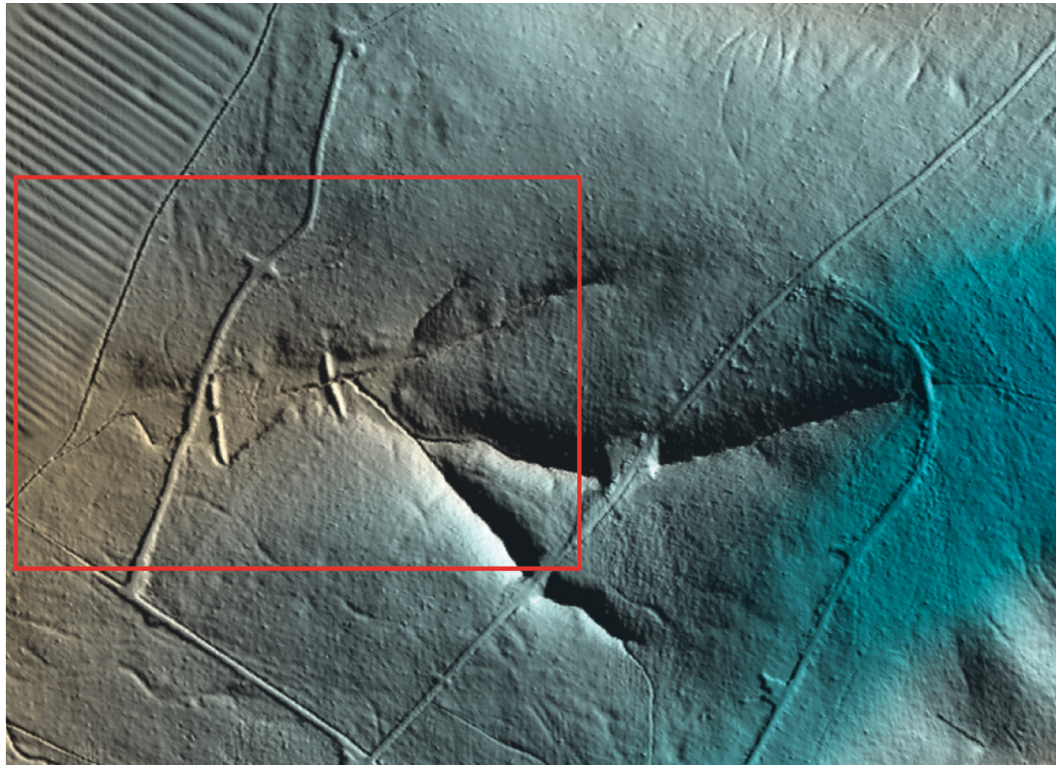
großen Ausdehnung der betroffenen Areale konnte die Überprüfung nur in Teilbereichen umgesetzt werden. Fest steht, dass es sich in den allermeisten Fällen tatsächlich um einen Pingenabbau handelt, Baumwürfe können dazwischen zwar immer einmal registriert

40 Vgl. Beitrag R. Hesse; HESSE 2010.

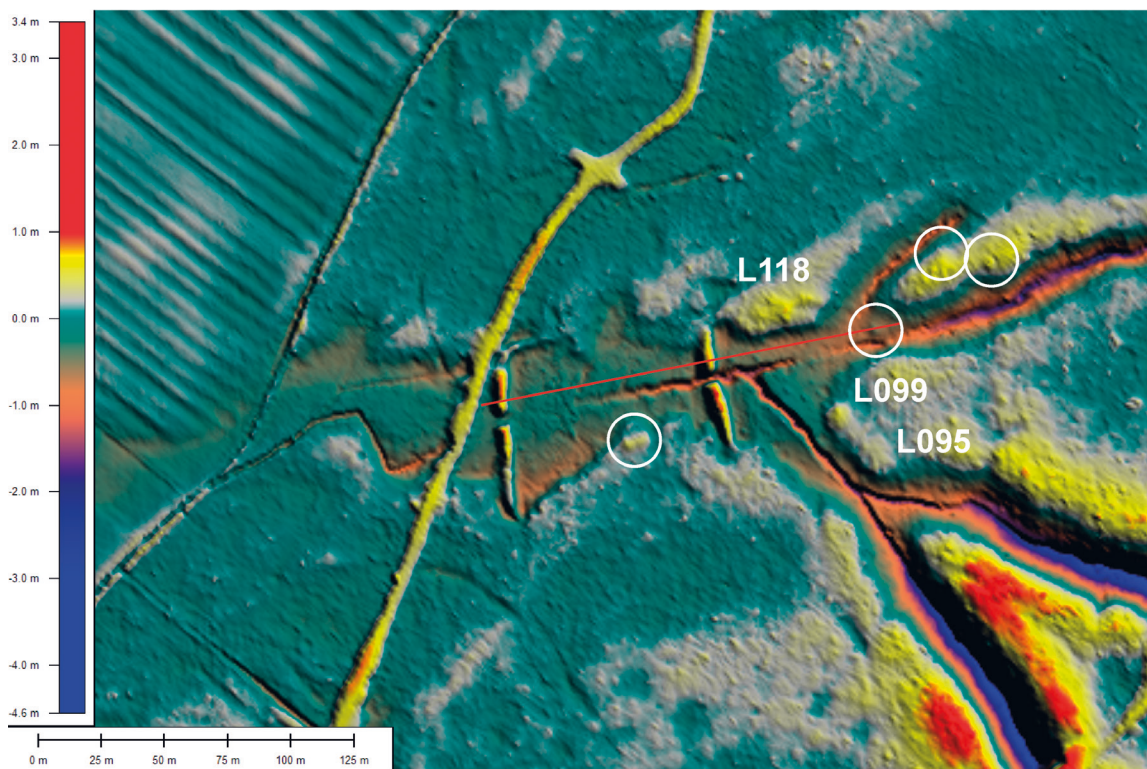
41 Vgl. Fundplätze L066 und L073.

42 Fundplätze L096 und L097.

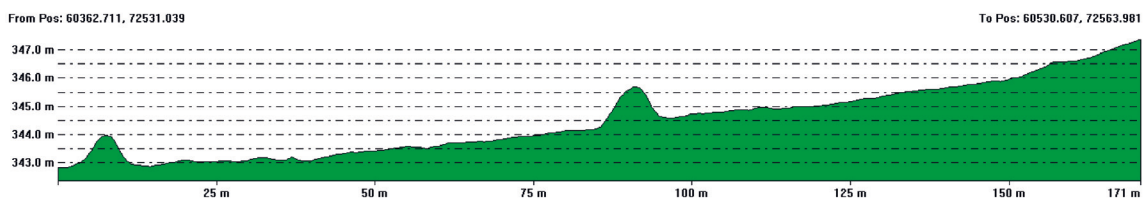
4 Ergebnisse der Geländeforschungen



A



B



C

21 Lamerberg, Gem. Clemency. A Ausschnitt des Laserscans mit Detailbereich. B Feinrelief mit Schlackenhalden L095/L099/L118 und weiteren potentiellen Halden nach den Ergebnissen des Laserscans. Die rote Linie zeigt den Profilverlauf in C mit Schnitt durch die beiden Staudämme der neuzeitlichen Erzwäsche, hangabwärts des frühmittelalterlichen Eisenproduktionsareals.

werden, lassen sich im Gelände jedoch klar differenzieren. Größte Schwierigkeit bei der Überprüfung war die genaue Lokalisierung der im Laserscan erfassten Strukturen am Boden, da zuerst ein terrestrisches Vermessungsnetz in die Wälder gelegt werden musste. Begonnen wurde damit an einem kleineren Pingengebiet unmittelbar südlich der Grabhügelgruppe an der Berenswis (s. u.).

Die bei den gezielten Geländebegehungen registrierten Pingengebiete sind keineswegs gleichartig in Form und Größe. Es lassen sich erhebliche Unterschiede feststellen, die zu einer Klassifizierung und letztlich typologischen Reihung dieser Abbaurelikte führen werden⁴³. Hier stößt man momentan an die Grenzen der Auswertungsmöglichkeiten des Laserscans. Für die Typologisierung des Pingengebaus sind die aus der Luft erhobenen Daten nicht ausreichend. Eine terrestrische Ergänzungsmessung könnte die notwendige Auflösung sicherstellen. Sie muss zukünftigen Forschungen vorbehalten bleiben.

4.2.2 Schlackenplätze

Die Identifizierung von Verhüttungsplätzen mit Hilfe eines Laserscans ist potentiell von starken Verzerrungen des Fundbildes begleitet. Fundstellen mit Schlackenrubenöfen wie etwa am Platz L081 hinterlassen keine obertägig sichtbaren Spuren. Besser sieht es bei Produktionsstätten aus, an denen Ofentypen betrieben wurden, die mehrfach (bis zu mehreren hundert Malen) befahren werden konnten. Hier besteht die Chance, die Abraumhalden aus Schlacken und Ofenteilen identifizieren zu können. In der Regel sind es mittelalterliche Plätze, die deutlich sichtbare Halden aufweisen. Doch ist bei ihnen immer damit zu rechnen, dass sie in jüngerer Zeit zur Wiederverwendung im Hochofen abgeräumt wurden und nur noch ihre Reste bzw. unscheinbarere Haldenkörper den neuzeitlichen Kahlschlag überdauern haben. Im Revier von Clemency ist eine Identifizierung von Schlackenhalde bereits bei der terrestrischen Begehung 2003 und 2005 bei dem Fundplatzensemble auf dem Lamerbieregelungen. Die Halden L095 und L099 ließen sich als Geländeerhebung, im Falle von L099 auch als Schneemerkmal, noch erkennen⁴⁴. Im Laserscan treten beide Halden klar hervor (Abb. 21, A–B). Es deutet sich an, dass sie in Wirklichkeit die überhöhten Enden einer einzigen großen, rund 30 m langen und ca. 8 m breiten Halde bilden. Auch wenig nördlich am Gegenhang des ost-west-querenden Seitentales wurde bei weiteren Begehungen eine dritte Schlackenhalde lokalisiert (L118). Der Geländescan lässt in diesem Areal mehrere nahe beieinander liegende Erhebungen erkennen, die mit dieser großen Halde synchronisiert werden

können. Auf dieser Grundlage möchte man weitere Haldenstandorte im Bild des Laserscans postulieren (Abb. 21, B, weiße Kreise). Ein kleiner liegt direkt im Zwickel des Quertälchens mit einem von Nordosten zulaufenden Seitentälchen direkt am Bach (vgl. Abb. 21, C). Auf der Kuppe zwischen den beiden Einschnitten zeichnet sich eine weitere Erhebung ab. Eine dritte könnte noch ein paar Meter weiter nach Osten liegen. Auch nach Westen, Hang abwärts, ließe sich nach dem Scan ein weiterer Platz wahrscheinlich machen. Dieser ist zwischen den beiden südlichen Flanken der Staudämme der Erzwäsche als rund 10 m lange und 5 m breite Erhebung am südlichen Hangfuß erkennbar. Einer Überprüfung im Gelände im Verlauf der Sommerkampagne 2007 hielten diese Fundstellen aber nicht stand. Nur in einem Falle ließ sich der markierte Platz als leicht aufgewölbter Meilerstandort identifizieren. Das Beispiel macht deutlich, dass der Geländescan durchaus als Ansatz für gezielte Geländebegehungen dienen kann, dass aber die Rückkopplung mit der Begutachtung des Originalbefundes im Gelände unabdingbar bleibt.

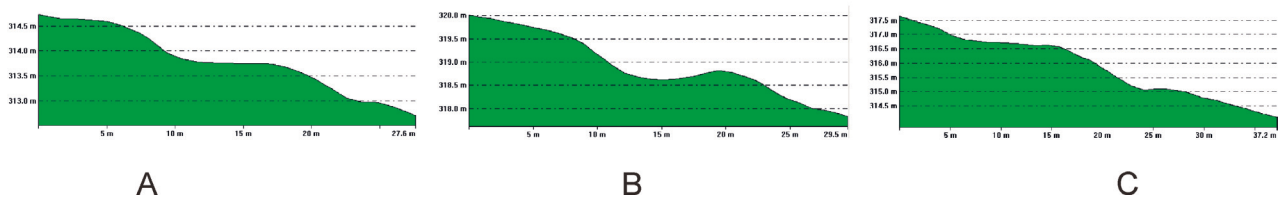
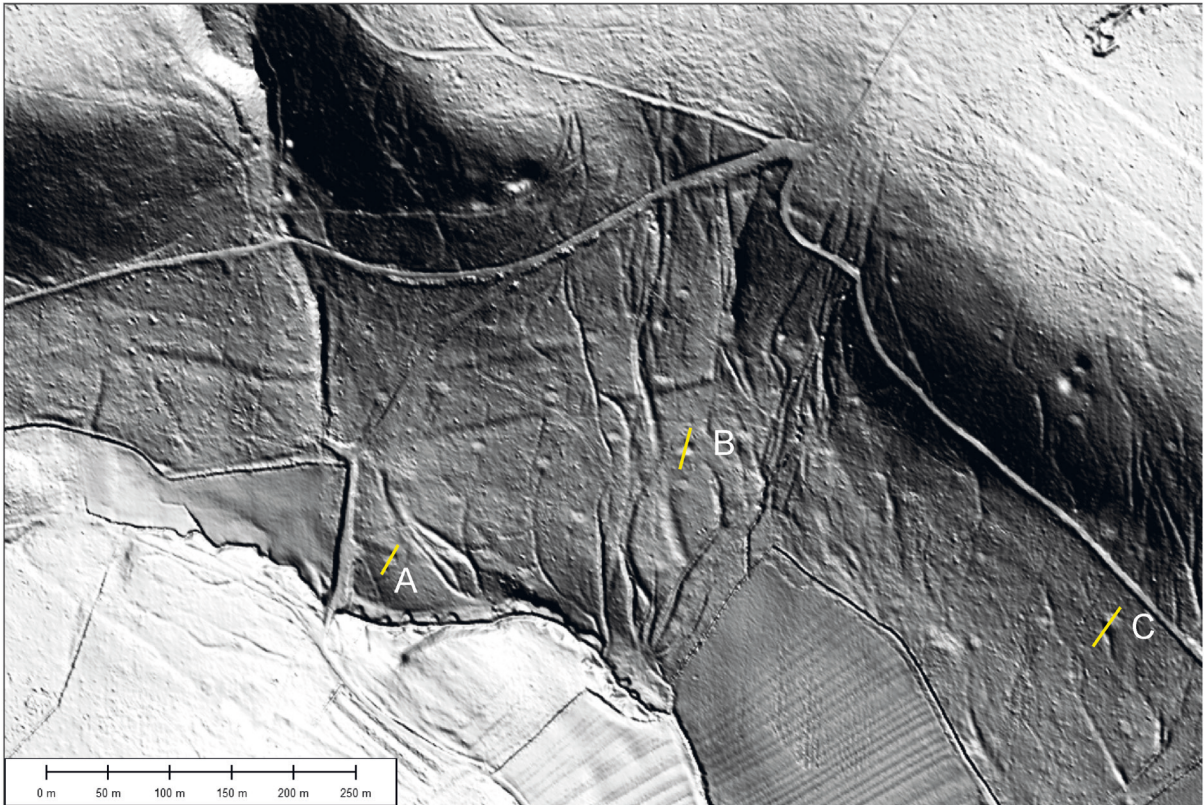
Dies bestätigte sich in ähnlicher Weise im Wesegbaachtal. Wie sich dort bereits mit der Schlackenfundstelle L046 deutlich machen ließ, sind auch in diesem Bereich die meisten (mittelalterlichen) Schlackenberge der Wiederverhüttung im Hochofen zum Opfer gefallen. Der Geländescan weist nun allerdings einige Erhebungen aus, hinter denen sich weitere erhaltene Haldenschüttungen verbergen könnten (vgl. Abb. 19). Die teils in sehr unzugänglichem Areal liegenden Plätze wurden daraufhin im Gelände aufgesucht, hielten einer Überprüfung aber gleichfalls nicht stand. Wie am Lamerbieregelung verbarg sich lediglich hinter (oder besser unter) einer der Stellen ein Meilerstandort, die anderen erbrachten keinen Befund oder ließen sich nicht auffinden.

4.2.3 Podien

Waren durch das auf Gunstlagen für die Verhüttung konzentrierte Prospektionskonzept Meilerpodien bis dahin nur mit wenigen Plätzen im Untersuchungsgebiet belegt, so hat die Befliegung unsere Kenntnisse grundlegend gewandelt. Über 110 Podien lassen sich nun allein zwischen Rodenbusch und Jongebbesch an den Hängen beiderseits des Wesegbaaches lokalisieren (vgl. Abb. 19). Wenngleich die positive Identifikation als Meilerstätte im Einzelfall einer zeitaufwändigen

43. Erinnerung sei in diesem Zusammenhang an die Untersuchungen, die bereits in den 1960er Jahren Klaus Schwarz an Abbauspuren im Oppidum von Kelheim durchführte: SCHWARZ u. a. 1965/66.

44. S. u. S. 55 mit Abb. 48.



22 Ausschnitt der Hangsituation im Wessegbaachtal mit Lage der zahlreichen Podien. In den Profilschnitten A–C werden verschiedene Varianten (Platzmeiler/Grubenmeiler?) erkennbar.

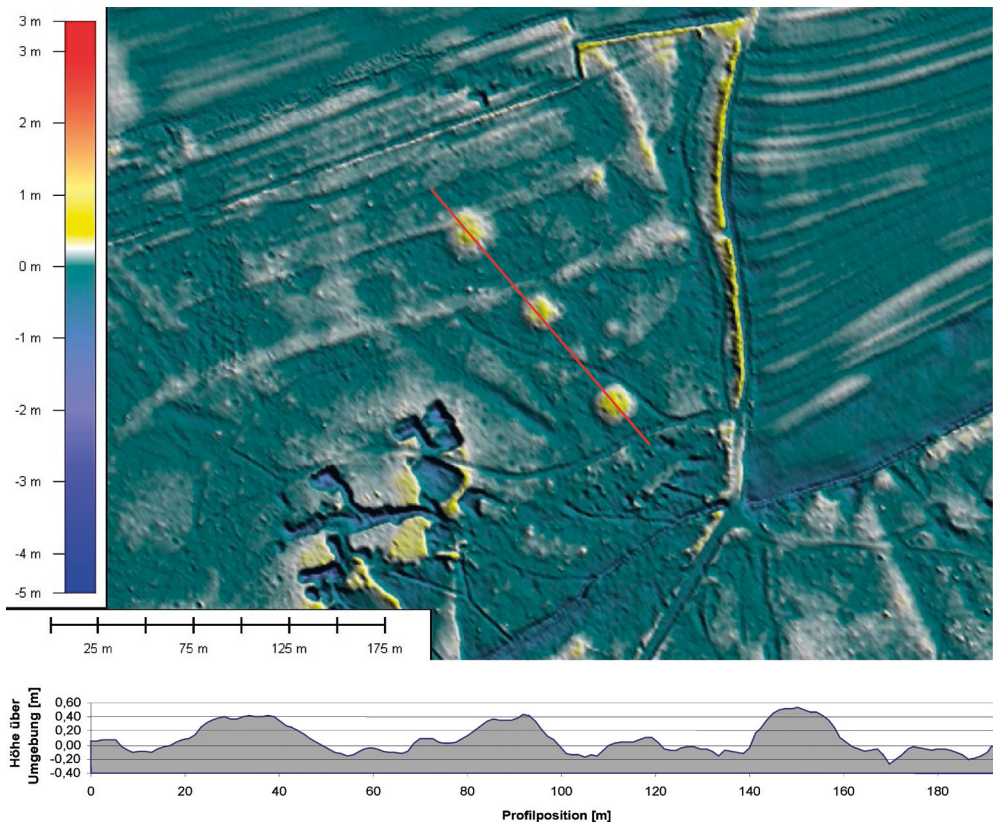
Überprüfung im Gelände noch vorbehalten bleiben muss, sprechen doch mehrere Indizien dafür, dass es sich in den meisten Fällen tatsächlich um Meilerstandorte handelt. Zunächst konnten einige der auch im Geländescan erfassten Podien am Nordosthang des Rodenbusch/Jufferbusch durch starke Holzkohleeinträge bereits 2002 im Gelände als Köhlerplätze angesprochen werden⁴⁵. Sie fügen sich ein in das Bild einer im Großen und Ganzen erstaunlich gleichmäßigen Verteilung der Podien entlang der Hänge, die eine systematische Erschließung des gesamten Waldgebietes zur Holzkohleproduktion anzeigt. Schließlich kann einer der durch die Magnetik prospektierten Köhlerplatten unmittelbar mit einem Podium im Laserscan zur Deckung gebracht werden (vgl. unten Abb. 38 B 1 und Abb. 40). Bemerkenswert ist des Weiteren, dass viele der Podien an den Unter- und Mittelhängen einen eigenen Zugangs- bzw. Abtransportweg aufweisen, der für die Holzlieferung und die Kohleabfuhr benötigt

wurde und auch einen Hinweis auf die wiederholte Nutzung der einzelnen Podien gibt.

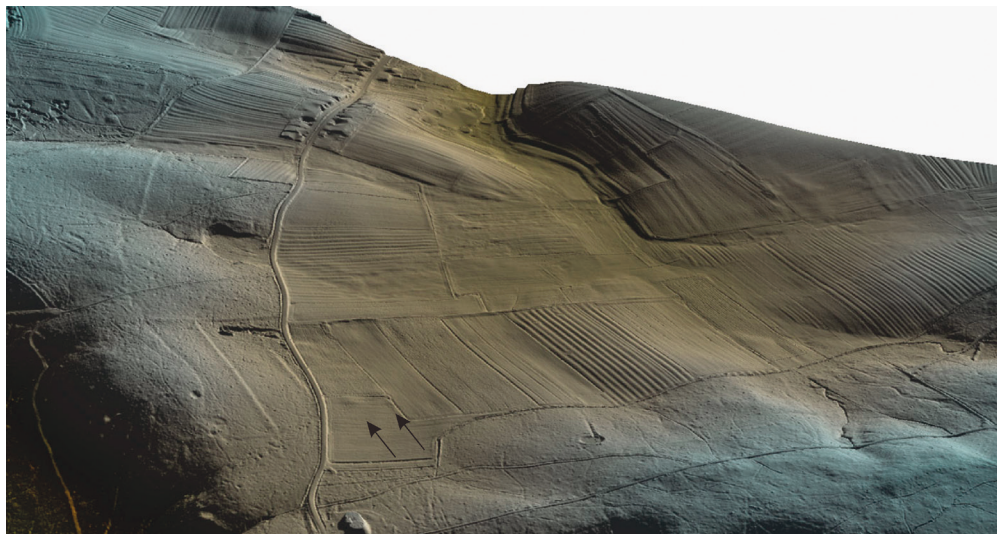
Die hohe Auflösung der Geländedaten erlaubt es, die Podien formal weiter zu differenzieren. Dabei lassen sich, neben Unterschieden in der Größe, durch Analyse der Längsprofile Podien mit waagerechter Vererbung von in den Hang eingetieften Podien, teils mit hangseitig erkennbarem Aushubwall, unterscheiden (Abb. 22). In diesen Fällen kann eine Identifikation als Grubenmeiler erwogen werden. Eine gezielte Beschäftigung mit den Podien im Zuge einer Geländekampagne steht aber noch aus.

Einige Podien weichen mit extremen Ausmaßen von der Masse der zwischen 6–12 m breiten Terrassierungen ab. Sie finden sich meist oben an der Hangkante des Jongebbesch und erreichen Größen von bis zu 30 m. Ihre Überprüfung im Gelände erlaubt ihre Zuordnung zu tagebauähnlichen Abbauspuren, in denen sich teilweise Wasser gestaut hat.

23 Das neu entdeckte Grabhügelfeld auf der Berenswis. Im Profil ist der unterschiedliche Erhaltungszustand der Großgrabhügel deutlich sichtbar. Geländeelevation in die Horizontale projiziert.



24 Mutmaßliche Großgrabhügel in den Ackerflächen östlich der Straße Hautcharage-Clemency im „Gegenlicht“.



4.2.4 Grabhügel

Die Identifikation einer ganzen Reihe bisher nicht bekannter Grabhügel stellt zweifellos eine der großen Überraschungen der Untersuchung dar (vgl. Abb. 19). Markant in den Vordergrund tritt dabei das Grabhügelfeld an der Berenswis am Rande des großen Tagebaus südwestlich von Clemency⁴⁶. Zwischen drei hintereinander gereihten Großgrabhügeln von 24–30 m Durchmesser gruppieren sich gut sichtbar einige kleinere Hügel von 6–10 m Durchmesser. Eine nähere Analyse des gesamten beflogenen Gebietes erbrachte eine ganze Reihe weiterer, mehr oder minder eindeutig identifizierbarer Grabhügel. Die Filterung der Geländedaten,

insbesondere das „Herausrechnen“ des Grobreliefs brachte dabei einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn⁴⁷. Unabhängig von der Einbindung in die Hangneigung, quasi in die Horizontale projiziert, lassen sich so die Geländeerhebungen im Verhältnis zu ihrer unmittelbaren Umgebung noch besser herausarbeiten. Dadurch zeichnen sich bereits im Randbereich des Grabhügelfelds Berenswis weitere, ungleich schlechter erhaltene

45 Fundplätze L008, L010–13.

46 Auf der Carte Arch. 24 Differdange findet sich eine Signatur für Grabhügel in der südlich benachbarten Flur.

47 HESSE 2010; vgl. auch Beitrag R. Hesse.

Grabhügel ab (Abb. 23). Aber auch auf den Wiesenflächen wurden damit mehrere, teils über 20m große, mögliche Tumuli sichtbar. Durch die Anlage virtueller Kreuzprofile lassen sich die meisten eindeutig identifizieren.

Die potentiellen Grabhügel wurden grob in drei Größenkategorien (20–30 m; 10–20 m; unter 10 m) eingeteilt, wobei gerade in der kleinsten Kategorie das Problem einer sicheren Zuweisung durch mögliche Überschneidungen mit anderen Hügel- oder Haldenschüttungen im Gelände zunimmt. Eine Überprüfung im Gelände erfolgte nicht. Neben der Konzentration südwestlich von Clemency finden sich einige Hügel im Randbereich der Senke südöstlich des Ortes zwischen 335–340 m Höhe üNN, in unmittelbarer Nähe zu dem 1987 ausgegrabenen Prunkgrab von Clemency. Ins Auge fällt in diesem Kontext ein Großgrabhügelpaar an der Straße Hautcharage-Clemency 500 m südlich der publizierten Grablage. Die Hügel weisen Durchmesser von 22–25 m bei einer maximal erhaltenen Höhe von 20–25 cm auf (Abb. 24)⁴⁸.

Über die Zeitstellung der meisten dieser potentiellen Grabhügel ist nichts bekannt. Auf der Berenswis wurden jedoch im Sommer 2006 von J. Metzler und C. Gaeng zwei kleine Hügel ausgegraben. Danach kann diese Nekropole der frühen Eisenzeit (Laufelder Gruppe) zugewiesen werden⁴⁹.

4.2.5 Wall- und Wall-Grabenanlagen

Südlich des großen Tagebaus auf dem Lumbierg jenseits des Baches werden im Geländere relief die Überreste einer rechteckigen, flachen Wallanlage sichtbar (s. Abb. 19). Sie ist nordwest-südost-orientiert, ihre Westseite ist nur mehr zu erahnen, im Norden scheint sie am Bachlauf zu enden. Sie besitzt Kantenlängen von rund 250 m × 200 m und umschloss eine Fläche von 5 ha. Entlang der Ostflanke, wie auch an Teilen der Südflanke deutet sich durch eine Geländedepression ein ehemals vorgelagerter Graben an. Vergleichbare, teils winklig aneinander stoßende Wallstücke an verschiedenen weiteren Stellen des Plateaus waren jedoch vor weitgehenden Interpretationen. Während den nordwestlich gelegenen, teils merkwürdig versetzt verlaufenden Wallresten ein vorgelagerter Graben fehlt, besitzen die südöstlich bis zum Straßenrand ziehenden Wallverläufe ebenfalls teilweise begleitende Grabenzüge. Auch am Nordhang des Lamerbierts findet sich ein vergleichbarer Wallzug. Hinter den Wallabschnitten ohne Graben könnten sich alte Grenzverläufe verbergen, bei den mit Graben versehenen, keinem erkennbaren Grundriss folgenden Wallteilen muss die Interpretation offen gelassen werden⁵⁰.

4.2.6 Alte Wegesysteme (Hohlwege)

In großer Zahl werden im Laserscan die Überreste alter Wege sichtbar. Insbesondere an den Plateaukanten haben sie sich auch im Gelände sichtbar tief eingeschnitten (Hohlwege). Teils ziehen sie sich in regelrechten Bündeln die Hänge hinauf. Konzentrationen finden sich einmal beiderseits der heutigen Straße Hautcharage-Clemency, aber auch in breiter Front vom Wesegbaachtal hinauf auf den Jongebbesch. Ihr Alter lässt sich nicht angeben. Die meisten dürften der frühen Neuzeit angehören, so stören sie etwa die älteren Schlackenplätze L041/42/44. Deutlich erkennbar erschließen sie auch die als Meilerplätze angesprochenen Hangpodien. Unter der Masse der neuzeitlichen Wege verbergen sich zweifellos auch ältere Trassen. Sie von den jüngeren zu scheiden wird ohne Bodeneingriffe kaum möglich sein.

4.3 Kombinierte Detailuntersuchungen an Fundstellen der Sekundärerzzone

Mit dem Jahr 2005 konnte in Luxemburg erstmals mit der kombinierten Detailprospektion an Fundplätzen früher Eisenmetallurgie begonnen werden. Im Zentrum stand dabei die größte zusammenhängende Sekundärerzzone südlich von Clemency. Ansatzpunkte waren zum einen der Pingenabbau südlich der Berenswis auf der Hochfläche von Clemency, den Schwerpunkt dieser Detailprospektionen bildeten jedoch die Untersuchungen an den frühen Schlackenplätzen.

4.3.1 Pingenfeld Berenswis

Südlich des Grabhügelfeldes bei der Berenswis und westlich des großen Tagebaus konnte im Nordwestbereich einer Walleinfassung (vgl. Abb. 19) ein Pingenfeld lokalisiert werden. Die Eintiefungen sind im Gelände noch gut erkennbar. Dichter Baumbestand und Totholz, das sich teilweise gezielt in die Vertiefungen geschichtet findet, erschwerten hier jedoch nicht nur die Interpretation des Laserscans, sondern auch die abgeschlossenen Untersuchungsschritte im Gelände.

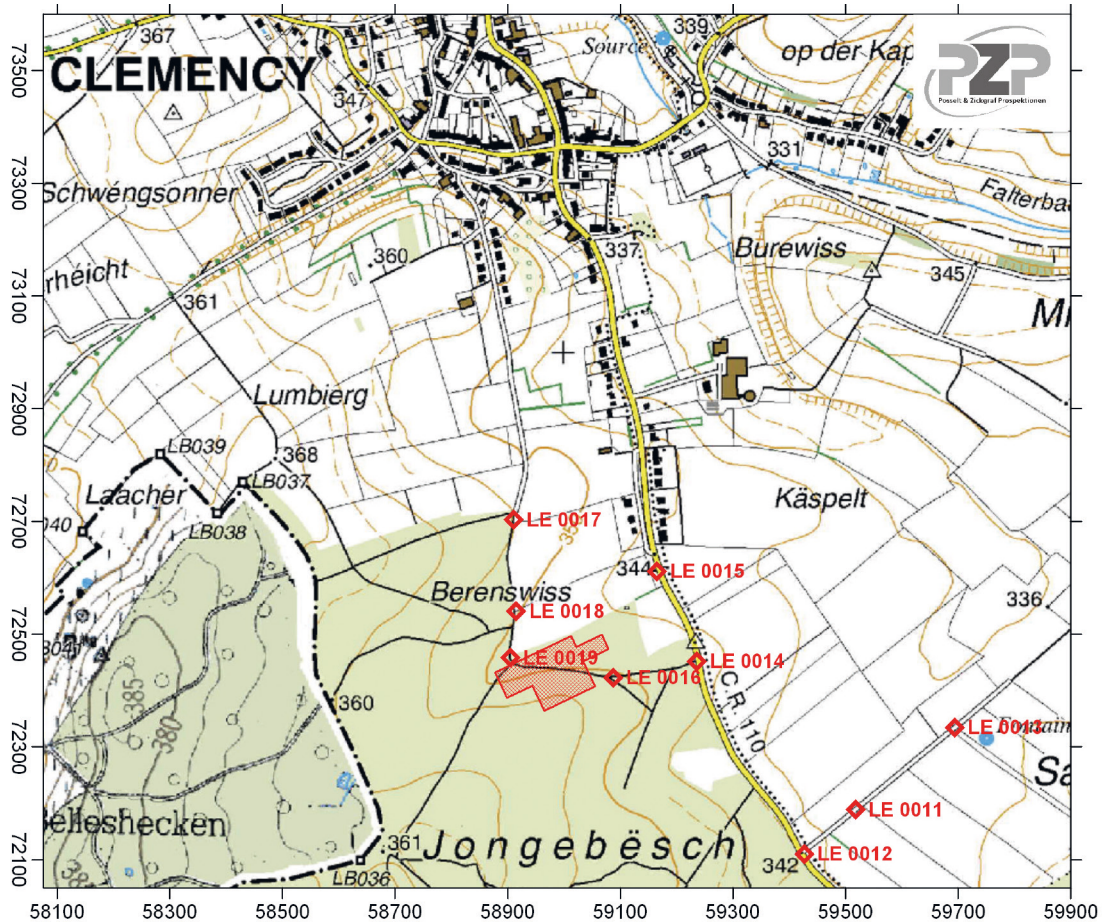
Aufgrund der Nähe zu den eisenzeitlichen Grabhügeln, einer überschaubaren Größe des Pingenfeldes und wegen einer teilweisen Überschneidung mit der rechteckigen Walleinfriedung, wurde dieser Bereich für eine magnetische Prospektion ausgewählt, die die Firma PZP, Marburg, im November 2007 durchführte

48 Bei einer Überprüfung im Gelände ließ sich der Befund nicht verifizieren (freundl. Hinweis J. Metzler).

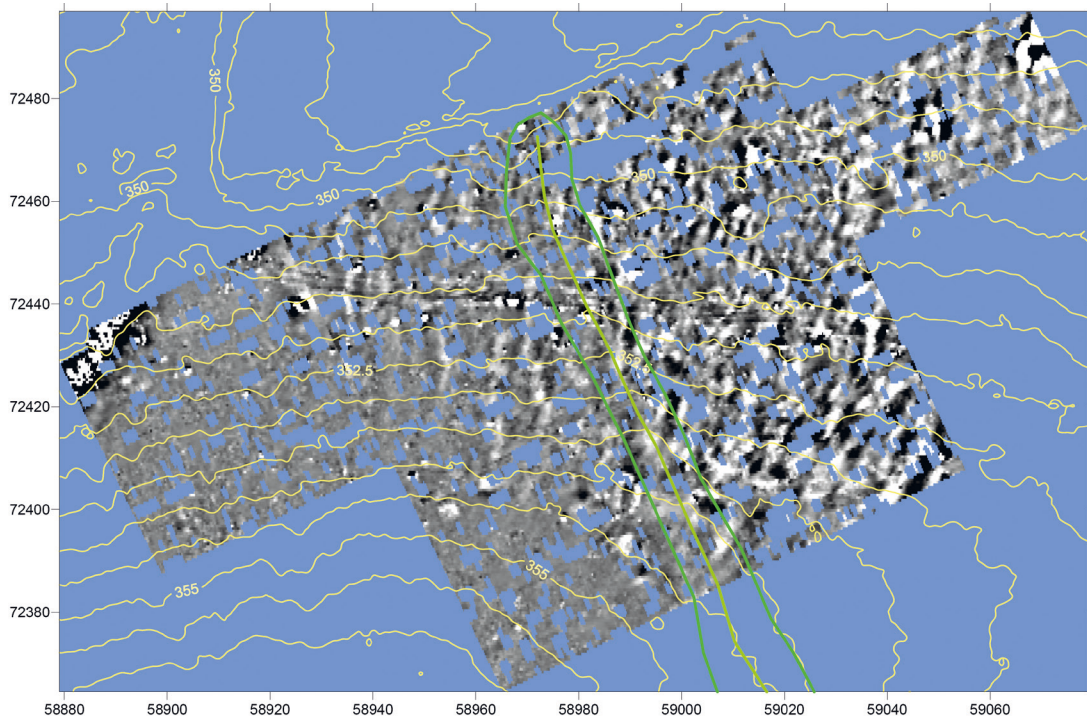
49 METZLER/GAENG 2008.

50 Vgl. unten Detailprospektionen im Zusammenhang mit dem Pingenfeld Berenswis.

4.3 Kombinierte Detailuntersuchungen an Fundstellen der Sekundärerzzone



25 Clemency Berenswiss. Kartierung der Messfläche und der vermarkten Fixpunkte im Landeskoordinatensystem Gauss-Luxemburg. Kartengrundlage: Carte topographique (Série TC, 1:20.000). Vorlage PZP.

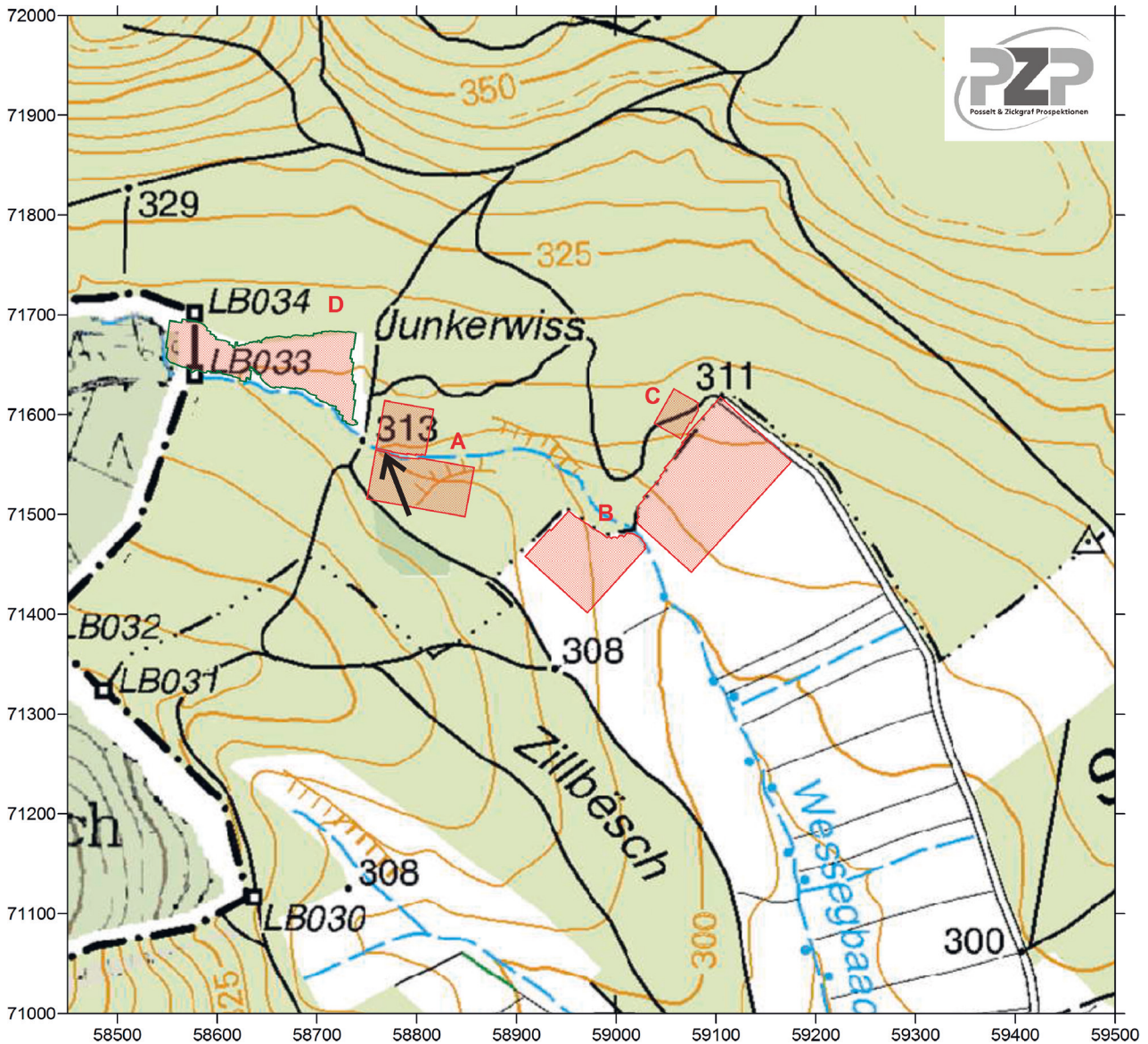


26 Kombinierte Darstellung der Magnetik (weiß: 12 nT, schwarz -12 nT) mit einem Isohypsenplan mit Einzeichnung des Walles (hellgrün: Wallkrone, grün: Wallfuß) im Landeskoordinatensystem. Blau: Fehlstellen aufgrund zahlreicher Hindernisse (Bäume, Totholz). Darstellung im Landeskoordinatensystem (Messung und Grafik PZP, Marburg).

(Abb. 25–26)⁵¹. Die Untersuchungsfläche von insgesamt 1,4 ha Größe wurde mit einer Messgenauigkeit von 0,2 m (in Laufrichtung) × 0,5 m (Sondenabstand) erfasst. Abb. 27, A zeigt die Lage der Untersuchungsfläche auf dem Geländereief des Laserscans (Blick von Norden). Die zahllosen, durch Hindernisse hervorgerufenen Fehlstellen erschweren die Betrachtung des Graustufenbildes, doch sind die Ergebnisse hinreichend deutlich. Hauptsächlich erfasst wurden parallele Strukturen des geologischen Untergrunds, die quer zum Hang verlaufen (Abb. 27, B). Prinzipiell ist eine Differenzierung in eine „ruhigere“ Westhälfte und eine stärker kontrastierende Osthälfte feststellbar. Dort wurden an einigen Stellen punktuell sehr hohe Messwerte erfasst, die nach herkömmlicher Interpretation auf anthropogene Eingriffe zurückzuführen wären.

Eine Überprüfung mit dem Handbohrstock erbrachte aber in allen Fällen keinen anthropogenen Befund. Das aus den Bohrstöcken entnommene, anstehende Material konnte durch Wiederholungsmessung als Verursacher der starken Anomalien identifiziert werden. Schon vorab einer geochemischen Untersuchung darf angenommen werden, dass hier ein weiterer, bisher im Untersuchungsraum nicht beobachteter Lagerstättentyp erfasst wurde, der sich von den in den lehmigen Untergrund eingebetteten Sekundärerzlagern absetzt. An einem Zusammenhang der Pingen, deren Alter bisher nicht bekannt ist, mit dem Abbau dieser Lagerstätte besteht kein Zweifel. Eventuell durch die Abbauspuren

51 Vgl. SCHROTH/ZICKGRAF 2008.



28 Kartierung der Untersuchungsareale (2006–2007) im Wesegbaachtal auf einem Ausschnitt der Carte topographique (Série TC 1:20.000). Der Fundplatz des Schlackenklotzes (L081) ist mit einem Pfeil markiert.

hervorgerufene Anomalien werden durch den stark in den Vordergrund tretenden geologischen Untergrund überlagert, im Westteil des Messbildes könnten jedoch einige schwach positive Anomalien zu Gruben oder Grubenkomplexen gehören. Hier wären die Untersuchungen mit einer Erweiterung der Messfläche und mit einer terrestrischen Geländeaufnahme der Pingenhohlformen zu intensivieren.

Der verflachte Wall-/Grabenbereich zeichnet sich dagegen im Messbild nicht klar als Anomalie ab. Ob sein Verlauf in Zusammenhang mit den festgestellten Kontrastunterschieden der westlichen und östlichen Hälfte der Messfläche in Verbindung gebracht werden kann, wird sich nur mit einer Ausweitung der magnetischen Prospektion klären lassen.

4.3.2 Die ältesten Verhüttungsplätze des Reviers

4.3.2.1 Clemency L004/L081 (Areal A)

Bereits bei ersten Begehungen des Reviers im Dezember 2002 wurde der Schlackenplatz L004 am Oberlauf des Wessegbaaches entdeckt. Im Bachlauf selbst, der von mehreren Podien begleitet ist, fanden sich teils verrollte Schlacken. Etwas bachaufwärts, näher an einer Wegequerung mit Betonröhrenfassung, wurden dann eindeutig moderne Schlacken und Bauschutt identifiziert, was zunächst den Gedanken nahe legte, dass das ganze Ensemble im Zusammenhang mit dem Wegebau in den Bach gelangt sein könnte. Doch wurden morphologisch als potentiell älter eingestufte Schlacken mit diffusen Fließmerkmalen im Rahmen einer

ersten phasenanalytischen Ansprache 2003 untersucht. Die Zugehörigkeit zum Rennfeuerprozess ließ sich dadurch erhärten⁵².

Eine Nachsuche am 13.12.2003 zum Zwecke der Gewinnung geeigneter holzkohlereicher Schlacken für eine ¹⁴C-Datierung führte dann zur Entdeckung eines 13,6 kg schweren Schlackenklotzes in der nordwestlichen Böschungskante des Baches, 8 m unterhalb der Wegequerung (Fundstelle L081; Abb. 28; vgl. auch Abb. 11). Der Schlackenklotz ist nur als Bruchstück erhalten (Abb. 29), bei wiederholten Begehungen in den Folgejahren konnten durch fortschreitende Erosion an der Bachböschung weitere Fragmente geborgen werden, was auf die *in situ*-Reste eines Rennfeuerofens hindeutet.

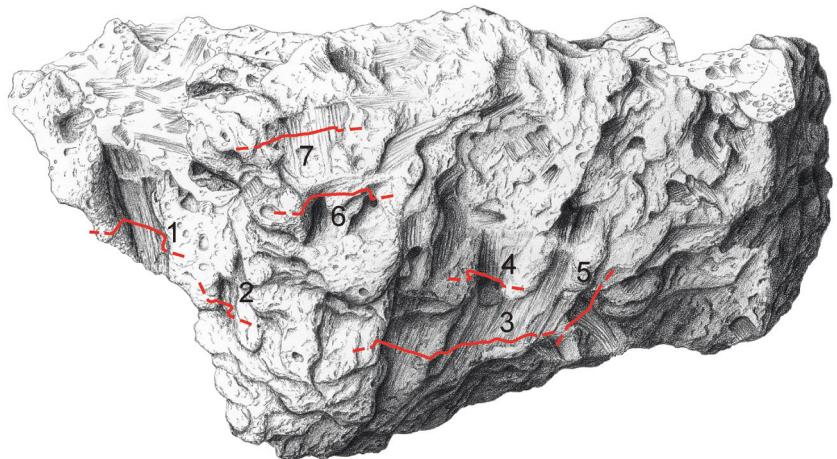
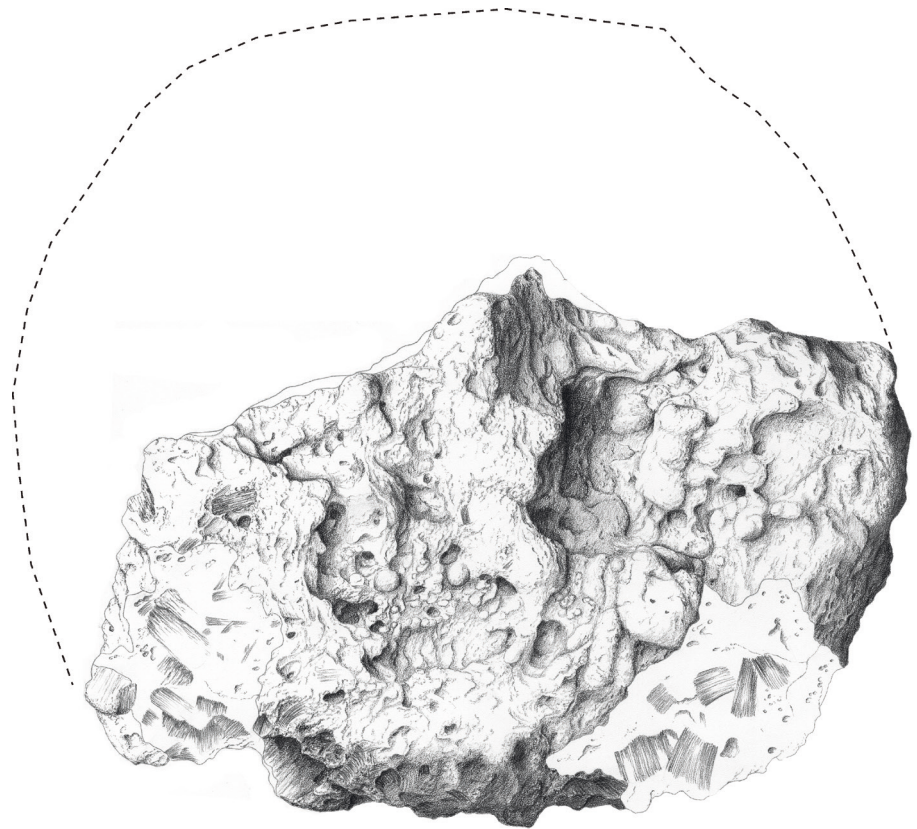
Der Klotz weist neben zahllosen Holzkohlenabdrücken auch deutlich Abdrücke größerer Hölzer auf (Abb. 30). Sie deuten auf eine schräg nach innen geneigte wannenartige Schlackenauffanggrube hin. Der Klotz ist damit morphologisch den Schlackenklötzen von Schachtöfen mit zentraler Schlackengrube (slag pit furnaces) an die Seite zu stellen, weist aber mit seiner Schlackengrube eine lokale Spielart auf. Schlacken grubenöfen sind in großer Zahl aus den Eisenrevieren des nordeuropäische Tieflands und Südschwedens sowie dem Heiligkreuzgebirge in Polen bekannt⁵³. Sie zeigen oft regelhafte Abdrücke von Hölzern und sind

52 GASSMANN 2003.

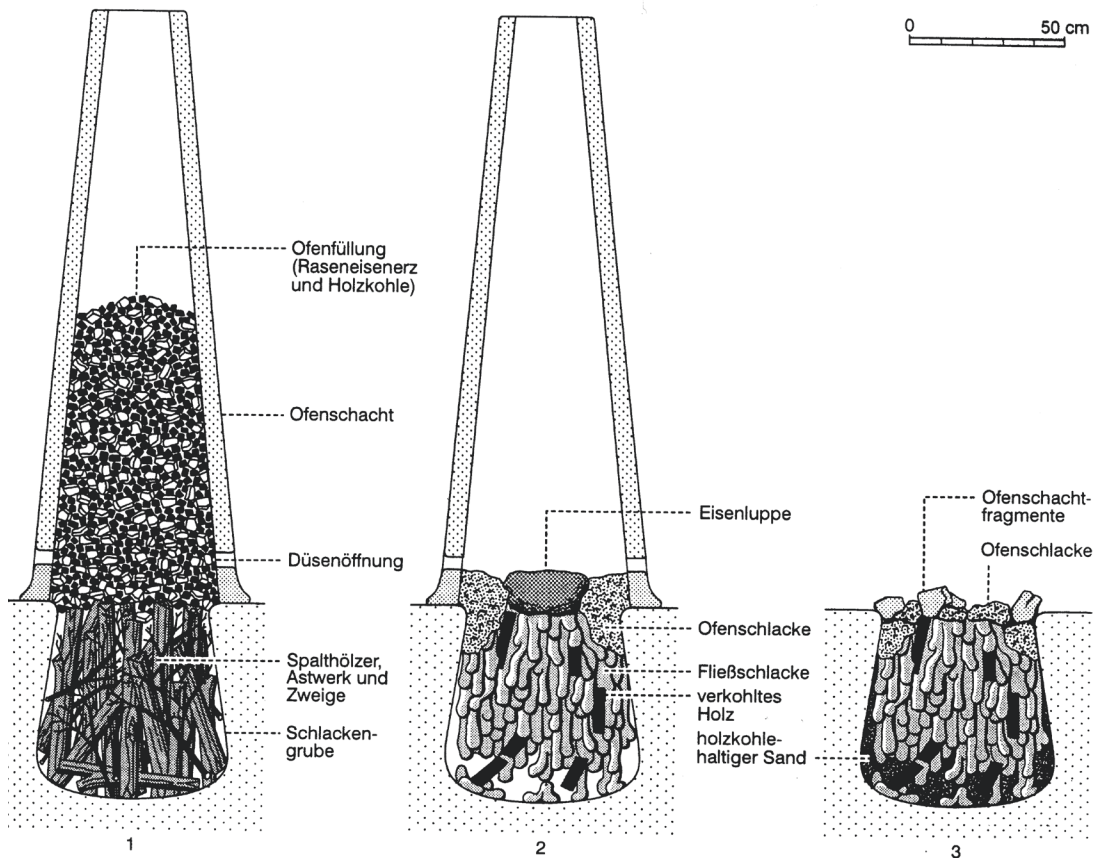
53 Vgl. etwa BIELENIN 1993; Spazier 2000; PLEINER 2000, 149ff.; 259ff.; GASSMANN/SCHÄFER 2014 mit weiterer Literatur.



29 13,6 kg schwerer Schlackenklotz mit Holzabdrücken aus der Bachböschung an Fundstelle L081 Clemency Hansenbernsheck.



30 Clemency Hansenbernsheck, Fundstelle L081. Umzeichnung des Schlackenklotzes mit Holzabdrücken (Zeichnung P. Thomas). – M. 1:3.



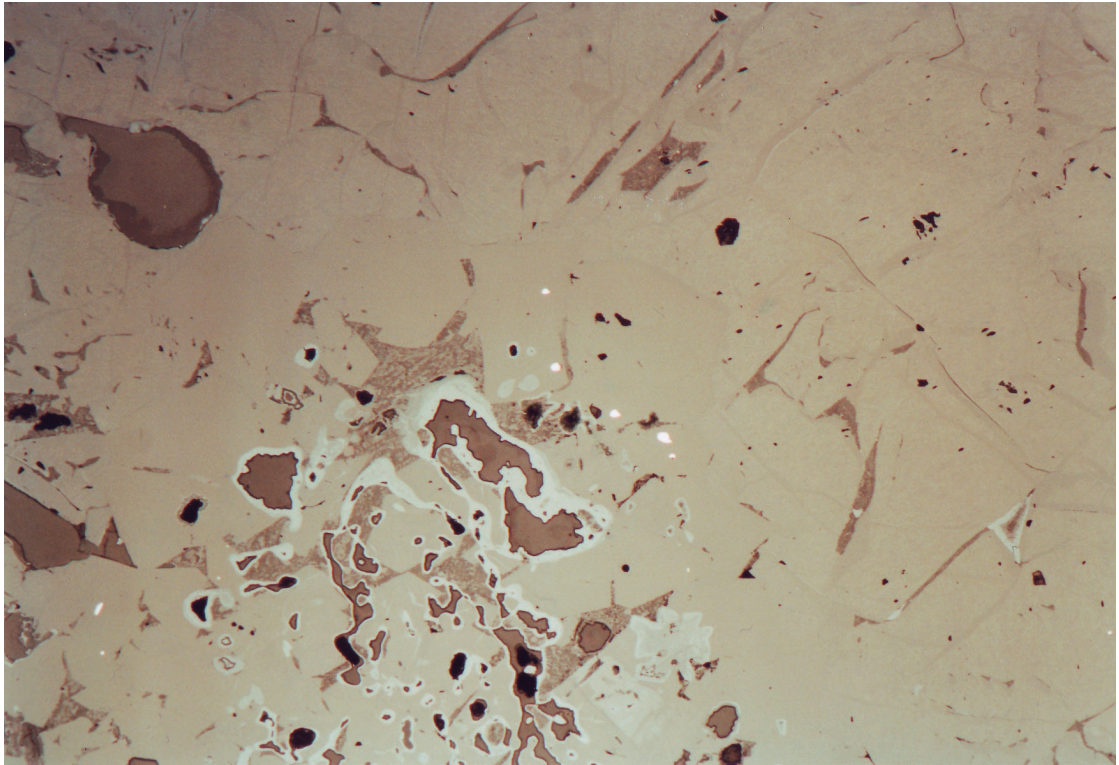
31 Rekonstruierter Bildungsablauf eines Schlackenklotzes mit Holzabdrücken bei der Rennfeuer verhüttung in einem Schachtofen mit Schlackengrube (nach Jöns 1997).

in der Regel zylindrisch oder nach unten kegelstumpfförmig erweitert (Abb. 31). Die Holzeinbauten dienten dazu, ein vorzeitiges Absinken der in festem Zustand aus Einzelkristallen verschweißten Eisenlupe⁵⁴ aus dem darüber gelegenen Reaktorraum zu verhindern. Der Metallklumpen verblieb also im Reaktor in Positionen mit den höchsten Temperaturen und stärksten Reduktionsbedingungen in gewissem Abstand von der Windeinlassöffnung. Die Schlacken dagegen konnten zwischen den Hölzern abfließen und weiter unten im Ofenraum erstarren. Die Hölzer verschmolzen im Prozessverlauf zunehmend und eröffneten den Schlacken Wegbarkeiten teils bis zur Grubensohle. Der Schlackenklotz wuchs so von oben nach unten und füllte die Grube zum Prozessende hin weitgehend aus (vgl. Abb. 31). Nach Abschluss der Verhüttung wurde der Ofen geöffnet und die Lupe herausgenommen.

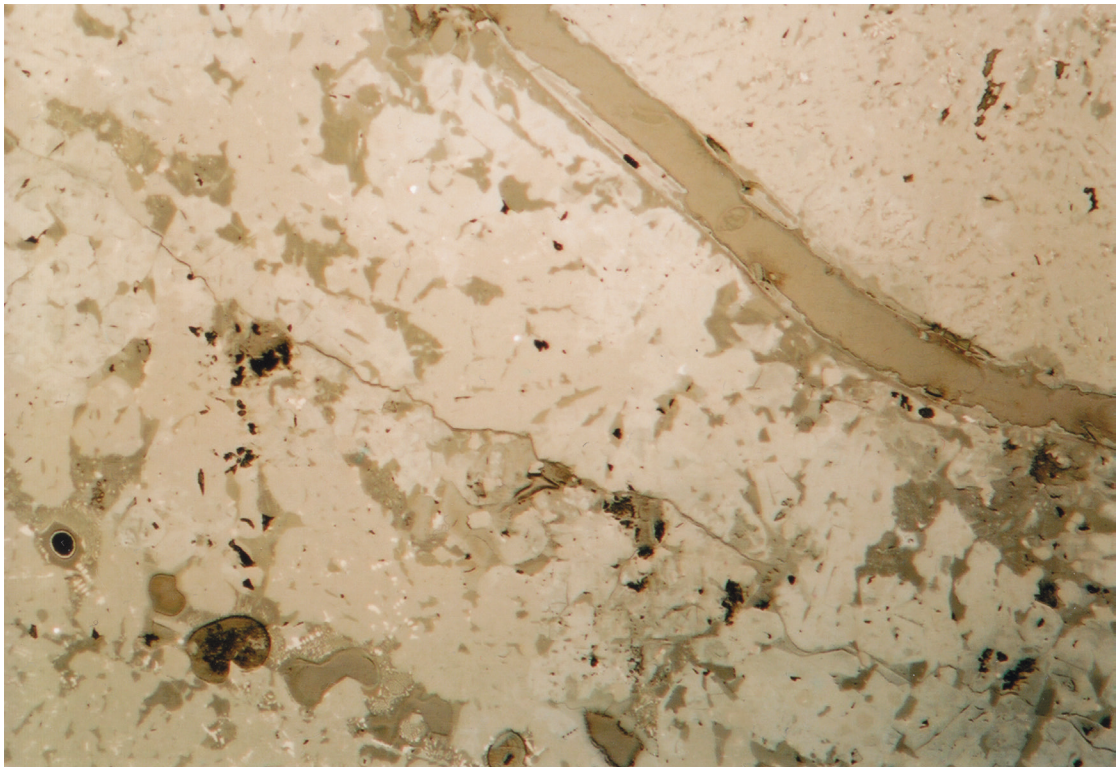
Der große Schlackenklotz (L-1/0604KL) und ein weiteres Fragment desselben Fundplatzes (L-1/0681) bestehen im Wesentlichen aus dem niedrig schmelzenden Eisensilikat Fayalit und schwankenden, teils geringen Gehalten von wüstitischen Eisenoxiden, so wie glasig erstarrten Restschmelzen in den Zwickeln (Abb. 32). Die Fayalite treten überwiegend als grobtafelige idiomorphe Formen in Erscheinung, die auf

eine langsame Abkühlungsgeschwindigkeit hindeuten. Bei dem Fragment lässt sich feststellen, dass sich der Schlackenkörper aus ursprünglich einzelnen, stark variierenden aber in sich homogenen Strängen aufbaut, deren Übergänge teilweise zerfließen (Abb. 33). Auch diese Beobachtung deutet auf eine insgesamt langsame Abkühlung des sich bildenden Klotzes. Wüstitische Dendriten konzentrieren sich einerseits auf die Zwickel an den Korngrenzen, es gibt aber auch Teilbereiche mit wesentlich mehr Wüstit, meist in Dendritenform. Gelegentlich konnten Metallfitter nachgewiesen werden (L-1/0604KL und L-1/0681), die auf streng reduzierende Prozessbedingungen hindeuten. Weiterhin kommen in den Zwickeln glasig erstarrte Silikatschmelzen vor, teils mit leuzitischer Zusammensetzung, oft in Gesellschaft von tropfenförmigen Wüstitentmischungen. Auch Feldspatnadeln konnten dort beobachtet werden. Die Phasenverteilungen innerhalb der unterschiedlichen Teilbereiche erscheinen relativ homogen. Die variablen Phasenzusammensetzungen der unterscheidbaren Teilbereiche sprechen allerdings dafür, dass sich bei Rennprozessen oft Schwankungen in der Betriebsführung einstellen können, die von vielen Faktoren,

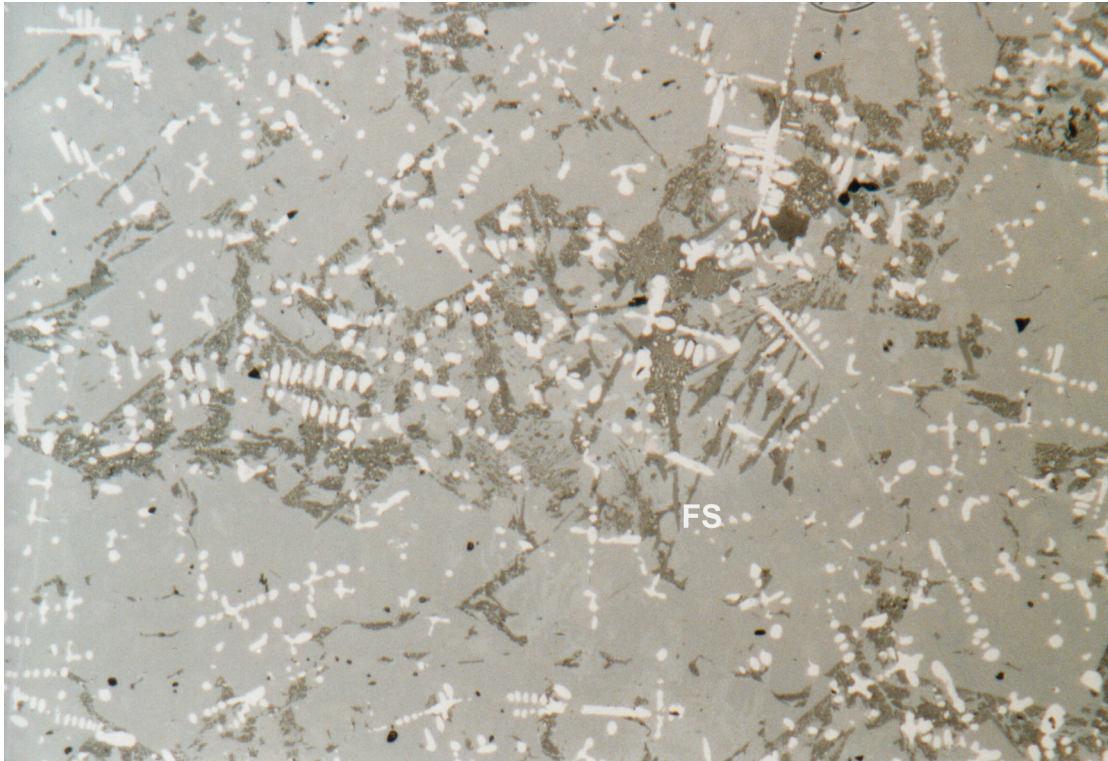
54 SCHÜRMAN 1958.



32 Gefügebild des Schlackenklutzfragmentes L-1/0604KL von Fundstelle L004 Hansenbernsheck im Wesegbaachtal. Fayalitschlacke (große graue Körner) mit Metalltröpfchen (weiß), glasigen Zwickeln und dunklen Löchern. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.



33 Gefügebild des großen Schlackenklutzes L-1/0681 von Fundstelle L081 Hansenbernsheck in der Böschung des Wesegbaachs. Fayalitschlacke mit mehreren, fließend ineinander übergehenden Strängen. Die grauen Fayalite sind in den einzelnen Strängen in unterschiedlicher Form und Größe ausgebildet. Vereinzelt kommen wüstitische Eisenoxide vor. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.



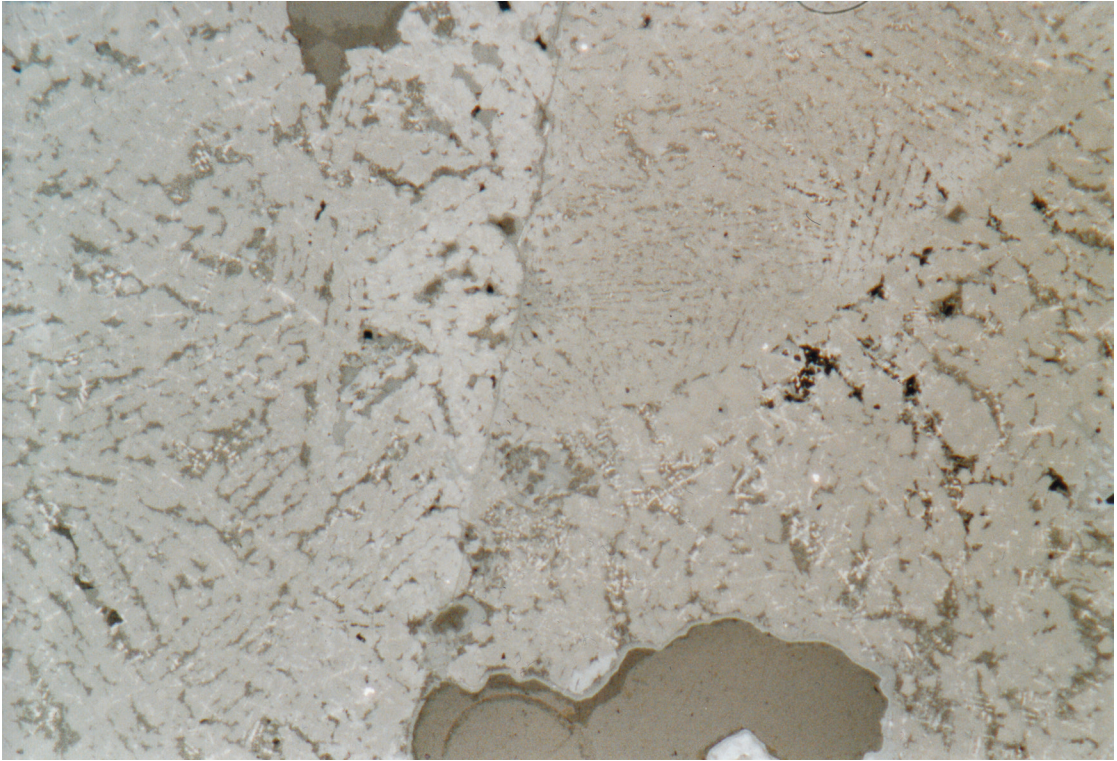
34 Gefügebild L-1/104c von Fundstelle L004. Hansenbernscheck. Fayalit (graue Idioplasten) neben hellen Wüstitdendriten in regelhafter Verteilung und überwiegend glasig erstarrten Restzwickeln leuzitischer Zusammensetzung und Feldspatnadeln (FS, dunkel). Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.

wie Schwankungen in der Luftzufuhr, im Abbrand, in der Temperaturkurve und in der Zusammensetzung der Chargierung abhängen. Die Schlacken weisen zudem häufig Holzkohleeinschlüsse oder unregelmäßige Hohlräume zersetzter Holzkohle auf. Auch Gasblasen sind nachgewiesen. Die Gefügeausprägungen lassen einen klaren Zusammenhang mit der primären Metallproduktion erkennen. Die langsame Abkühlung des primär gebildeten Fayalits unterstreicht, dass es sich bei den Klötzen um Bildungen in zentralen Schlackengruben unmittelbar unterhalb des Ofenschachtes handelt, die während des Prozesses nicht abgestochen wurden.

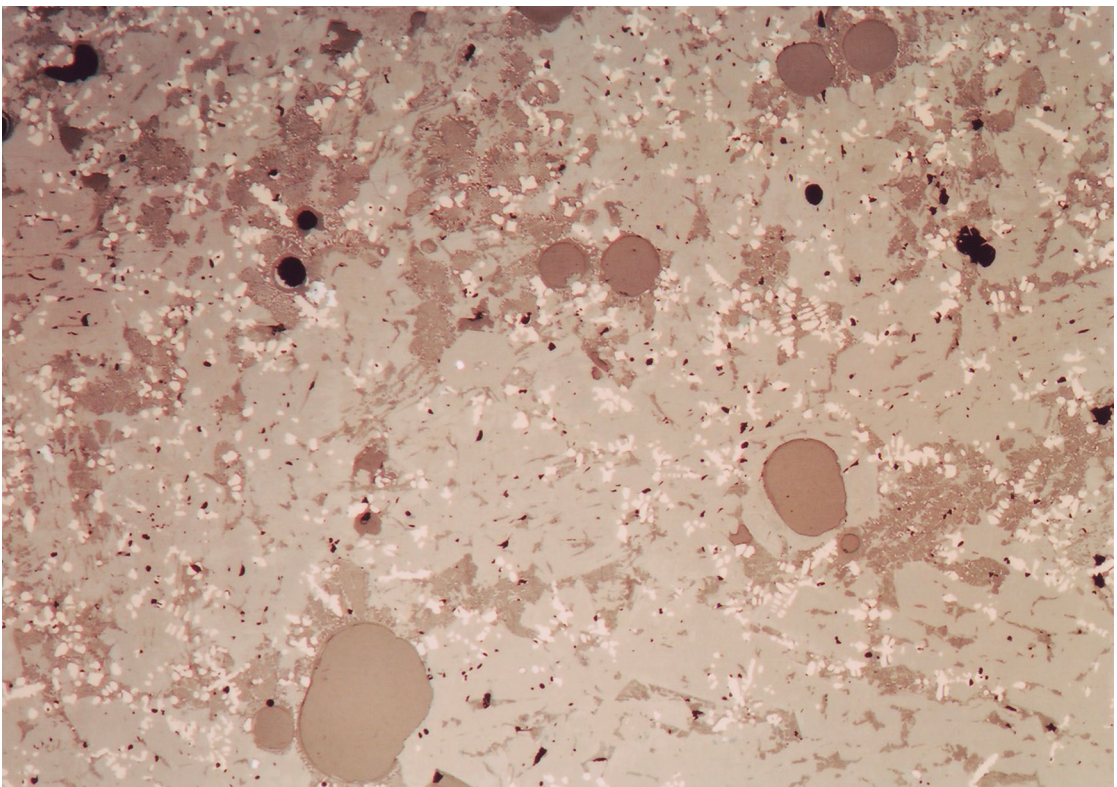
Zwei bereits 2002 von diesem Fundplatz untersuchte Proben (L-1/104a und L-1/104c) ergänzen das bei den Klotzfragmenten beschriebene Bild. Beide Proben bestehen aus Fayalit mit einer im gesamten Raum regelhaften Verteilung von Eisenoxiden und überwiegend glasig erstarrten Restzwickeln leuzitischer Zusammensetzung (Abb. 34). Flächig verteilt treten wiederum kleine Metallfitter in Erscheinung. Beide Proben sind also aus vollständig flüssigen, homogenisierten Schmelzen erstarrt. Die eine Probe (L-1/104a) baut sich jedoch, wie bereits am Handstück erkenntlich, aus mehreren, in sich relativ homogenen Schlackensträngen auf, die durch undeutliche Abkühlungssäume aus Eisenoxiden oder durch Phasenminderwuchs an der Oberfläche getrennt sind (Abb. 35). Fayalit kommt in Form

langer Skelette vor, teils in Wollknäuelanordnung, die Eisenoxide sind sehr regelhaft als grazile Wüstitdendriten verteilt. Die Phasenausprägung spricht daher für eine raschere Erstarrung der Schlackenstränge in einer relativ kühlen Umgebung, wie sie beispielsweise am Boden einer Schlackenauffanggrube herrschen kann. Bei der kompakteren Probe (L-1/104c) ist der Fayalit dagegen überwiegend gedrunken idiomorph ausgebildet (vgl. Abb. 34), was wieder auf eine relativ langsame Erstarrung in einer längere Zeit warmen Umgebung wohl innerhalb des Rennofens hindeutet. Dies deckt sich mit den Ergebnissen an den weiter oben beschriebenen Klotzfragmenten. Mit den vorgestellten Gefügen ist nochmals die Bandbreite der möglichen Gefügeausprägungen in derartigen Schlackenklötzen umrissen⁵⁵. In diesen Kontext sei noch das bereits erwähnte stark abgerollte Klotzfragment vom Fundplatz L056 Bois d'Athus (s.o. „Schlackenplätze“) gestellt (L-1/0656a), dessen Gefüge durchaus Übereinstimmungen mit dem übrigen Fundmaterial aufweist (Abb. 36). Allerdings ist der Fundort noch nicht umfassend prospektiert, so dass der Fund an dieser Stelle nur am Rande erwähnt sei.

55 Vgl. die systematische Untersuchung ähnlicher Klötze in Wetzlar-Dalheim C86 (GASSMANN/SCHÄFER in Vorbereitung).



35 Gefügebild einer diffus geflossenen Schlacke L-1/104a von Fundstelle L004 Hansenbernsheck. Drei Fayalitschlackenstränge mit Phasenminderwuchs an den Berührungsflächen. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.



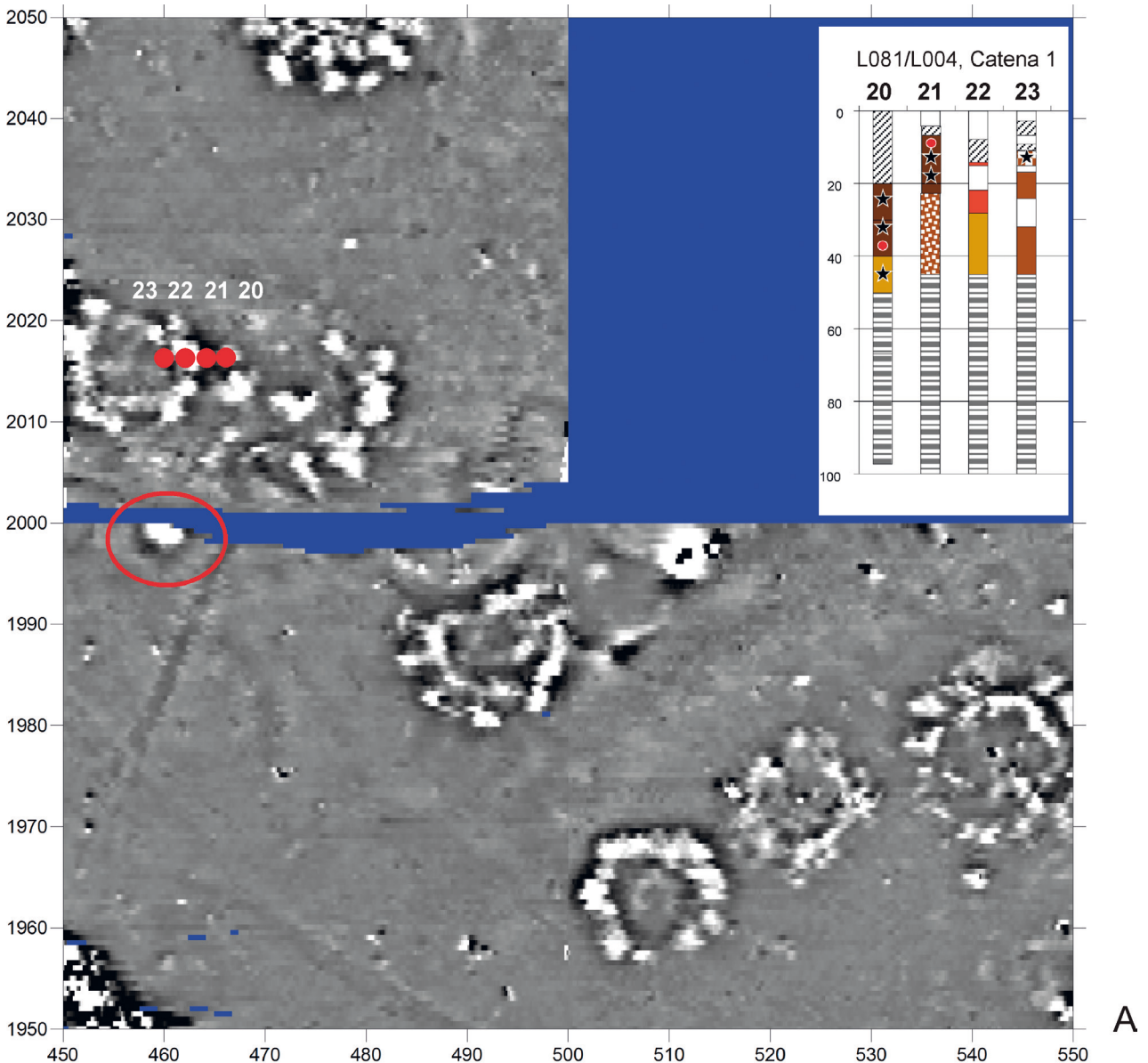
36 Gefügebild eines Schlackenklotzes L-1/0656a von der Fundstelle L056 Bois d'Athus. Fayalitschlacke (graue Körner) mit Wüstitedendriten und -körnern (hellgrau), Metalltröpfchen (weiß), glasigen Zwickeln, Feldspatnadeln und Gasblasen (dunkel). Lichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.

4 Ergebnisse der Geländeforschungen

| Fundplatz | Labor-Nr. | Alter BP | δ^{13} -Wert | Kalibriertes Alter (2σ -Wert) |
|---|-----------|----------------|---------------------|---|
| L081 Clemency Hansenbernsheck HK aus Schlackenklotz | ETH-28482 | 2.305 \pm 55 | -21.3 \pm 1.2 | cal BC 518–200 (100%) |
| L081 Clemency Hansenbernsheck HK-Schicht in nördl. Bachböschung (Platzmeiler) | ETH-28916 | 160 \pm 40 | -25.4 \pm 1.1 | cal AD 1661–1712 (18.3 %) cal AD 1717–1887 (64.4 %) cal AD 1911–1950 (17.3 %) |
| L095 Lamerbiereg Probe 1 HK aus Schlackenzunge | ETH-32449 | 1.115 \pm 45 | -24.1 \pm 1.2 | cal AD 570–780 (95.4%) |
| L095 Lamerbiereg Probe 2 HK aus Schlackenzunge | ETH-32540 | 1.370 \pm 50 | -29.4 \pm 1.2 | cal AD 780–790 (1.3 %) cal AD 800–1020 (94.1%) |

37 AMS ¹⁴C-Datierungen von Schlackenplätzen des Untersuchungsgebiets in Luxemburg. Analysen durch G. Bonani/I. Hajdas, ETH Zürich.

38 A: Ergebnisse der kombinierten Detailprospektion aus magnetischer Prospektion und Bohrsondage auf Fundplatz L081/L004 Clemency Hansenbernsheck. Messwertebereich der Magnetik ± 20 nT. Rot umrandet: vermutlicher Rennofenstandort an der Bachböschung (Fundstelle L081). B: Interpretierende Darstellung der Messergebnisse der magnetischen Prospektion (Messwertebereich > 12 nT, Dipole nicht berücksichtigt). Zur Legende der Bohrsignaturen vgl. unten Abb. 42.



In unmittelbarer Nähe des Fundortes bei Clemency Hansenbernsheck lag eine Ansammlung zusammen geschwemmter kleiner Sekundärerze von denen eine Probe, pauschalchemisch analysiert wurde (L-1/104b; vgl. Abb. 7–8). Übereinstimmungen im Haupt-, Neben- und Spurenelementbestand lassen den Schluss zu, dass die Schlacken sehr wohl aus diesen lokalen Erzen gebildet wurden (s. u.). Die Bohnerze der Jurahochfläche und die Minette-Erze kommen hingegen als Verhüttungsbasis für den Fundplatz Clemency Hansenbernsheck nicht in Frage⁵⁶.

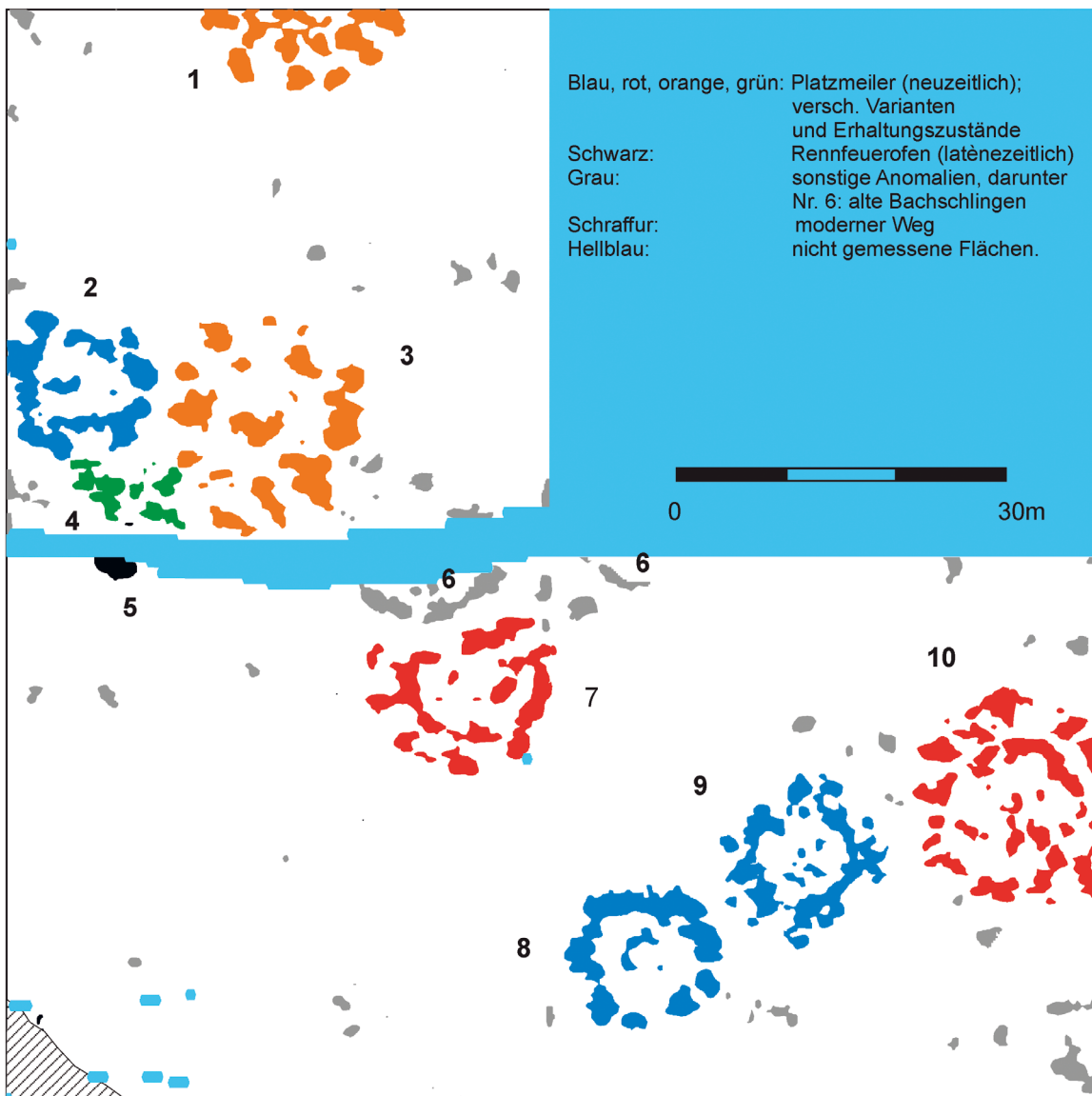
Mit der unerwarteten Identifizierung von Schlackengrubenöfen im Südwesten Luxemburgs rückt die Frage ihrer zeitlichen Einordnung ins Blickfeld. Die norddeutsch-südskandinavisch-polnischen Ofenanlagen datieren fast ausnahmslos in die (jüngere) römische Kaiserzeit. Sie gelten als *das* Charakteristikum

„germanischer“ Eisenproduktion dieser Epoche. In Gruppen und großen Batterien angeordnet, prägten sie ganze Landstriche⁵⁷.

Typologisch steht das Luxemburger Klotzfragment diesem Formenkreis nahe, wenngleich sich die Schlackengrube nach Ausweis der Holzabdrücke nach unten verzängt (vgl. Abb. 30), wohingegen sie sich bei den meisten anderen Beispielen kegelstumpfförmig nach unten verbreitert. Ein Radiokarbondatum aus einer Holzkohle, die aus dem Inneren des Schlackenklotzes entnommen wurde erbrachte einen vorläufigen Datierungsansatz in das 4.–2. Jh. v. Chr. (s. Abb. 37 oben). Mittlerweile sind aber andernorts bei dieser Datierungsmethode aus dem Inneren von Verhüttungsschlacken

56 Ebd. 7f.

57 PLEINER 2000, 70ff.; vgl. SPAZIER 2007.



B

methodische Probleme offenkundig geworden, die oft wesentlich ältere Daten suggerieren, als sich mit Begleitfunden belegen lässt⁵⁸. Muss die Feindatierung des Luxemburger Schlackenklotzes daher auch zunächst offen bleiben, so kann an der schlackentypologischen Einordnung des Stückes generell in eine Phase, die von der vorrömischen Eisenzeit bis in die gallorömische Epoche reicht, kein Zweifel bestehen. Die Funde heben sich typologisch klar von den zeitlich jünger zu datierenden Abstichschlacken ab⁵⁹.

In Clemency Hansenbernsheck und an den weiteren Fundstellen gelang damit die Identifizierung der vorläufig ältesten Eisenproduktion Luxemburgs. Selbst wenn das ¹⁴C-Alter des großen Schlackenklotzes noch Diskussionen zulässt, so ist die typologische Eingruppierung klar. Grabungen zur weiteren Klärung etwa durch datierende Beifunde sollten unbedingt abgeschlossen werden.

Das Umfeld der Fundstelle wurde 2006 magnetisch prospektiert, um die Struktur des Platzes zu erkunden und mögliche weitere Ofenstandorte zu lokalisieren. Das Areal (Areal A) wurde den Geländegegebenheiten entsprechend ausgewählt (vgl. Abb. 28, A). Der junge Buchenbestand verhinderte den Einsatz eines mehrsondigen Messarrays. Durch die Verwendung nur einer Sonde gestalteten sich die Arbeiten sehr zeitaufwändig.

In der rund einen dreiviertel Hektar großen Fläche, die im Zentrum vom Bacheinschnitt geteilt wird, zeichnen sich im Messbild deutlich sieben kreis- bzw. ringförmige Anomalien ab (Abb. 38 A). Sie weisen recht einheitliche Durchmesser von 12–17 m auf und lassen sich aufgrund ihrer internen Struktur in mehrere Varianten gliedern (Abb. 38 B). Die Vermutung, dass es sich um die Überreste von Platzmeilern handelt, ließ sich durch eine Probebohrung erhärten. Im Überschneidungsbereich zweier Ringanomalien nördlich des Baches erbrachte der Bohrstock dunkel humose, stark mit Holzkohle und verziegeltem Lehm durchmischte Kulturschichten von bis zu 50 cm Mächtigkeit. In Bohrung 22 konnte im Bereich einer starken Anomalie eine *in situ* verziegelte Lehmschicht dokumentiert werden. Die teilweise deutlich segmentierte Binnengliederung der ringförmigen Anomaliengruppen weist auf ein spezielles Konstruktionsprinzip der sogenannten Meilerbrücke, d.h. der Bodenkonstruktion des Platzmeilers hin. Ob die typologisch feststellbaren Unterschiede in der Konstruktion der Meilerbrücke funktionale oder vielleicht chronologische Gründe haben, muss zum gegenwärtigen Zeitpunkt offen gelassen werden. Die enge räumliche Nachbarschaft und die erkennbare Überschneidung zweier Standplätze weist auf eine gewisse zeitliche Tiefe hin. Grundlegende Hinweise auf das Alter der Meilerplätze gibt die zusammen mit



39 Meilerkonstruktionen im 18. Jahrhundert (nach Duhamel du Monceau 1761).

J. Metzler am 25.03.2004 durchgeführte Untersuchung an der nördlichen Bachböschung. Die im Profil erfasste holzkohlereiche Schicht kann mit dem Südende der östlichen Ringanomalie in Verbindung gebracht werden (Abb. 38 B, Nr. 3). Die ¹⁴C-Datierung aus ihrem Zentrum erbrachte ein neuzeitliches Datum, das den Meiler in das 18.–19. Jahrhundert verweist (vgl. Abb. 37). Die hohe Dichte der Befunde überrascht. Deutlich sichtbare Holzkohleanreicherungen beiderseits der Bachböschung lassen vermuten, dass sich der Meilerbestand Bach abwärts bis an den Waldrand in gleicher Intensität fortsetzt. In Fläche 2 konnte dort unmittelbar am Feltrand noch eine Holzkohleanreicherung in 20–40 cm Tiefe erfasst werden (Bohrung B7).

Meilerplätze sind meist Gegenstand forstwirtschaftlicher⁶⁰ und heimatkundlicher⁶¹ Untersuchungen. Archäologische Untersuchungen konzentrieren sich auf Grubenmeiler⁶². Platzmeiler waren bisher nur in Ausnahmefällen Untersuchungsgegenstand⁶³. Ein Vergleich mit Schrift- und Bildquellen wird die Konstruktion der im Wessegbaachtal in hervorragender Güte do-

58 SCHÄFER 2010, 86.

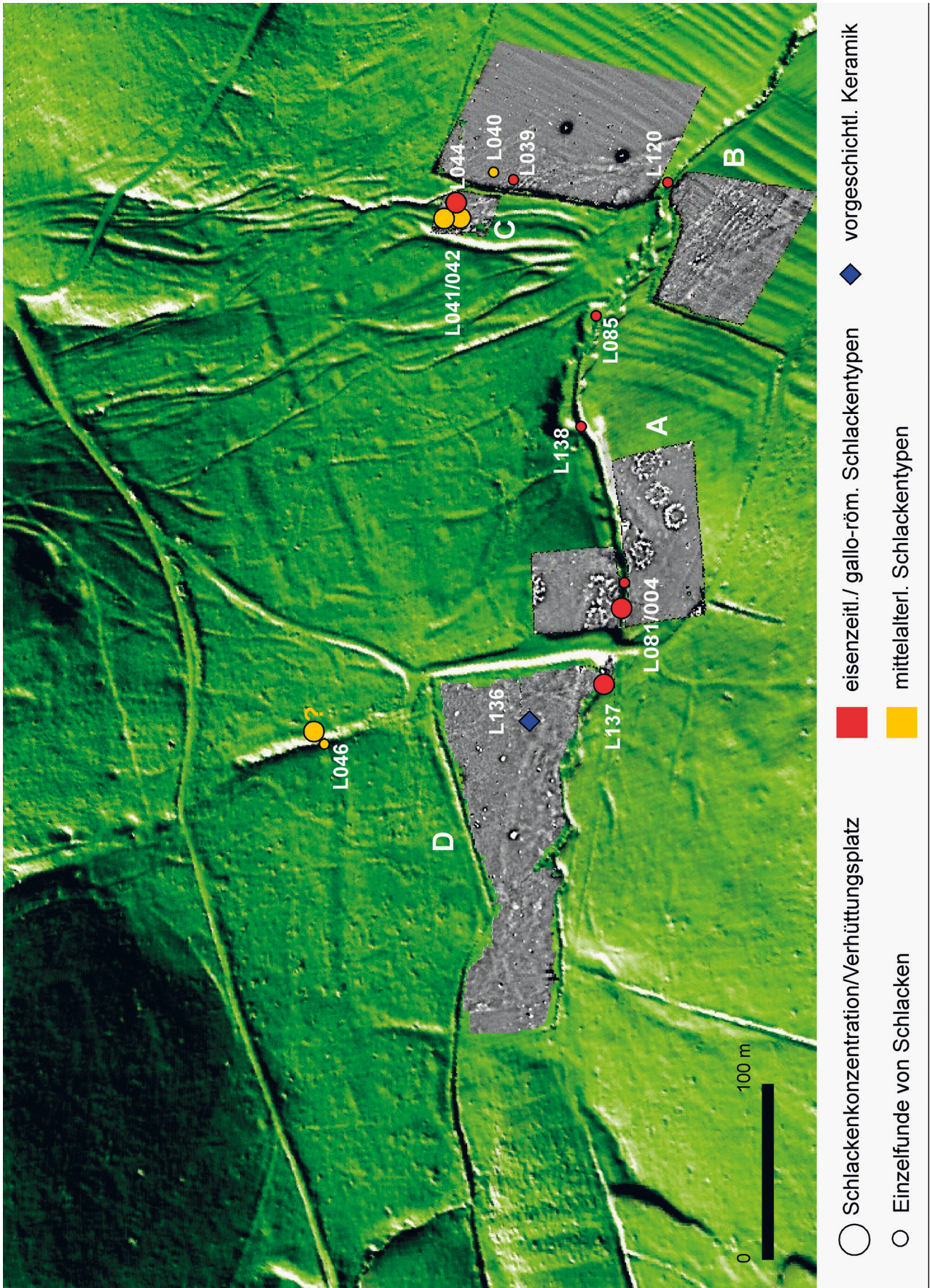
59 Vgl. Beispiele bei CABBOI u. a. 2007, 45–48 (Barres und Beauvais, dép. Sarthe); GASSMANN u. a. 2005, 36f. (Hertingen „Känel“, Liel „Karlshof“, Kr. Lörrach).

60 HILLEBRECHT 1982; NELLE/KWASNIOWSKI 1991; VERNET 1992; KILLIAN 1994; LUDEMANN/NELLE 2002.

61 TRUBEL 1998; HABEL 2001; HEINEN 2003.

62 SCHWARZ u. a. 1965/66; SCHAMBÖCK 1998; NELLE u. a. 2003.

63 LIPSDORF 2001; MÜLLING 2005. Einen guten Überblick zu den verschiedenen Meilertypen und zu Meilerplätzen im archäologischen Befund bieten HOLSTEN u. a. 1991. Ein magnetisch prospektierter Platzmeiler bei BUTHMANN/ZICKGRAF 2002, 176 Abb. 215,3. Zu Platzmeilern und ihrer Datierungsspanne vgl. JOCKENHÖVEL/WILLMS 2005, 89ff. bes. 92 mit Anm. 57.



40 Clemency/Bascharage, Luxemburg. Untersuchungsgebiet im Wessegbaachtal mit den Ergebnissen aus Magnetik, Geländescan und Oberflächenbegehungen. Deutlich erkennbar korrespondiert im Norden von Areal A der zur Hälfte in der Magnetik erfasste Platzmeiler mit einem der Hangpodien. Am linken Bildrand zeigen sich im LiDAR-Scan alte Wölbackerstrukturen im Wald.

kumentierten Platzmeiler erhellen können und helfen, sie in ihren wirtschaftshistorischen Kontext einzuordnen (Abb. 39).

Wie das unten besprochene Geländere Relief in Verbindung mit den Messergebnissen der Magnetik belegt, korrespondiert der am nördlichen Bildrand angeschnittene Meiler (Abb. 38 B, Nr. 1) mit einem Hangpodium (Abb. 40), von denen die Geländeaufnahme an den umliegenden Hängen eine große Zahl ausweist.

Neben einigen kleinen und nur schwach magnetisierten Anomalien im Messbild, bei denen es sich um archäologisch relevante Bodenbefunde (Gruben o.ä.) handeln dürfte, wurde in der südlichen Bachböschung eine sehr starke, durch den Bach bereits angeschnittene Anomalie detektiert. Durch ihren im Norden gelegenen Dipol weist sie auf einen stark magnetisierten *in situ* erfassten Befund, dessen Lage genau mit dem aus der Bachböschung am 13.12.2003 geborgenen Fragment des 13,6 kg schweren Schlackenklotzes korrespondiert⁶⁴. Hier zeichnen sich mit hoher Wahrscheinlichkeit die verbliebenen Reste eines Rennfeuerofens ab. Einzelne verrollte Fayalitschlacken im Wessegbaach Hang abwärts (vgl. L085), aber auch oberhalb (L137), weisen auf weitere Ofenstandorte. Hier wäre, um die Standorte zu erfassen, die magnetische Prospektion trotz der sehr schwierigen Untersuchungsbedingungen weiter auszudehnen.

Aufgrund der bereits stark in Mitleidenschaft gezogenen Befundstruktur und der hohen wissenschaftlichen Bedeutung dieses bisher ältesten Relikts der Eisengewinnung in Luxemburg wurde auf jede weitere Beeinträchtigungen der Substanz, wie sie auch eine Bohrung mit sich gebracht hätte, verzichtet. Der Befund wird durch eine Grabung zu sichern sein, bevor er durch den Bach vollends erodiert wird⁶⁵.

Nach der Entdeckung einer weiteren Schlackenkonzentration im Frühjahr 2007 bachaufwärts der Fundstelle L081 bereits jenseits der Röhrenkanalisation unterhalb des Forstweges (L137) wurde eine weitere magnetische Prospektion auf der Wiesenfläche „Junkerwiss“ angesetzt. Hier war zudem im Frühjahr 2007 bei Geländebegehungen auch eine Keramikscherbe prähistorischer Machart aus einem Maulwurfshügel geborgen worden (L136), so dass sich das Areal für weiterführende Untersuchungen im Umfeld des alten Verhüttungsplatzes anbot.

Die magnetische Prospektion (Areal D) wurde im August 2007 durchgeführt und erfasste eine Gesamtfläche von 0,93 ha (Abb. 28,D; Abb. 40, D). Im Bereich der Lesefundstelle vorgeschichtlicher Keramik im Ostteil der Fläche lassen sich einige als Gruben interpretierbare Anomalien erkennen, im Zentrum der Fläche erscheint zudem eine sehr starke Anomalie. Hier wird eine Boh-

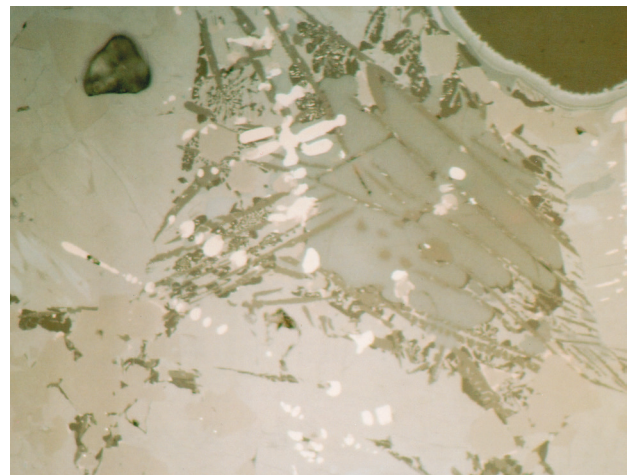
runtersuchung erweisen können, ob sich ein vermutbarer metallurgischer Zusammenhang belegen lässt.

4.3.2.2 Fundplatz Clemency L044

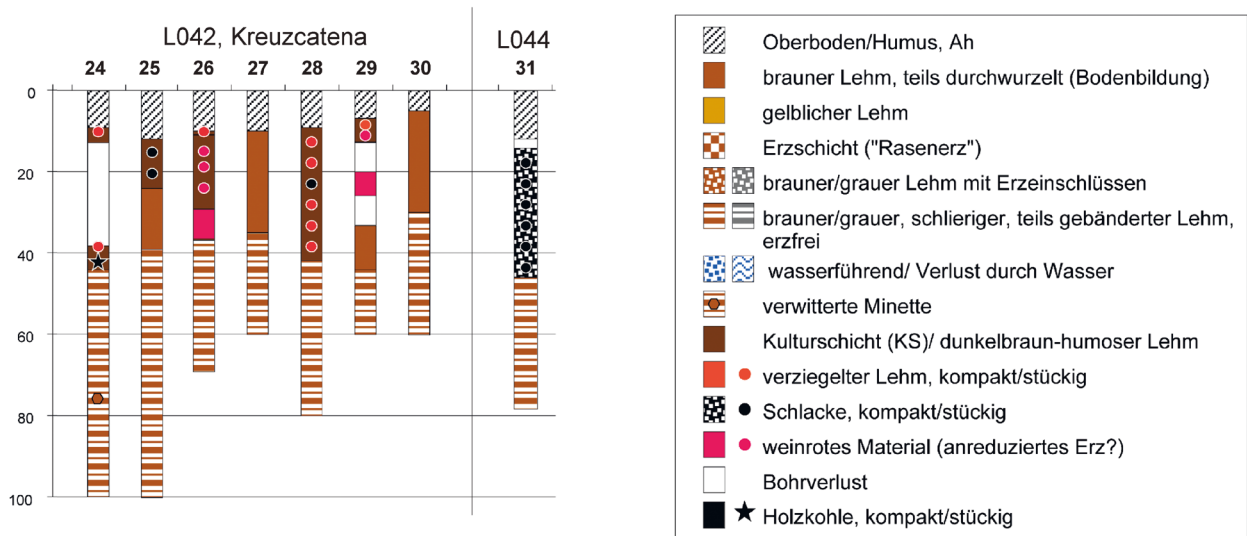
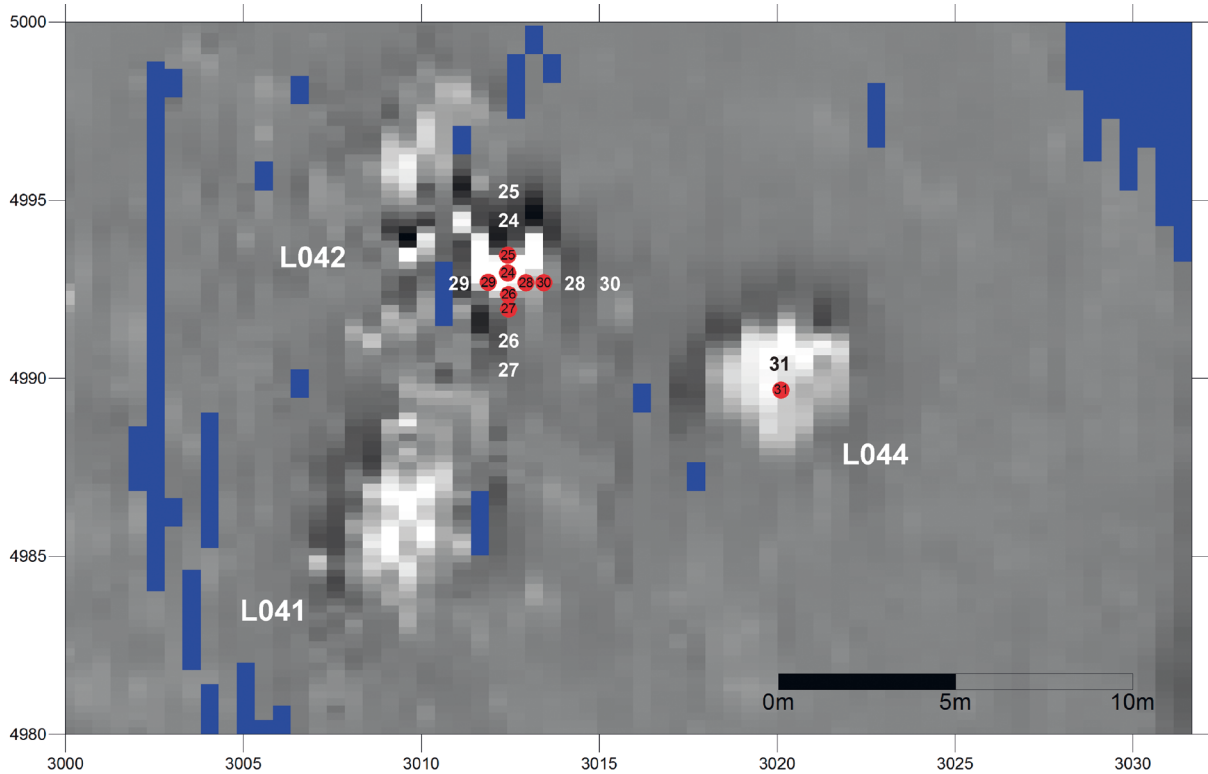
Von der Fundstelle L081 rund 300 m das Tal des Wessegbaaches hinunter gelang im Rahmen der Frühjahrskampagne 2004 die Lokalisierung weiterer Schlackenplätze auf der nordöstlichen Talseite. Während die Fundplätze von Einzelschlacken aus Maulwurfshügeln L039 und L040⁶⁶ mit einem gegenseitigen Abstand von 80–100 m schon auf Wiesenflächen der Gemeinde Bascharage liegen, befinden sich die von L040 nur rund 50–60 m entfernten Schlackenplätze L041–L042 und L044 im nördlich anschließenden Waldstück noch auf dem Gemeindegebiet von Clemency.

Die drei entdeckten Schlackenplätze liegen räumlich unmittelbar zusammen und wurden zunächst auch als Einheit aufgefasst⁶⁷. Schlackenmorphologisch und nach dem gefügekundlichen Befund ist Fundplatz L044 aber bei näherem Hinsehen von den beiden westlich anschließenden Fundstellen L041 und L042 (s. u.) zu differenzieren. Bei L044 wurde ein ca. 8 cm durchmessendes Schlackenfragment gefunden, das sich typologisch den oben beschriebenen Klötzen an die Seite stellen lässt (L-1/0644a). Das Gefüge zeigt ebenfalls deutliche Übereinstimmungen, wobei als Charakteristikum wiederum überwiegend große, also langsam erstarrte idiomorphe Fayalite anzuführen sind. Die übrigen Komponenten darunter die Feldspatnadeln in den Zwickeln passen ebenfalls gut zu den übrigen Klötzen (Abb. 41).

Auch die Platzstruktur zeigt bei näherem Hinsehen in der magnetischen Kartierung ein abweichendes Bild (Abb. 42) zu den jüngeren benachbarten Plätzen. Der



41 Gefügebild L-1/0644a. Zwickelfüllung innerhalb der Fayalitschlacke mit glasig leuzitischen Komponenten (dunkel) und Feldspatnadeln (etwas heller) neben großen idiomorphen Fayalitleisten (hellgrau) und vereinzelt vorkommenden wüstitischen Eisenoxiden (hell). Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 200-facher Vergrößerung.



42 Ergebnisse der kombinierten Detailprospektion aus Magnetik und Bohrsondage auf Fundplatzensemble L041/42/44, Gemeindegebiet Clemency. Messwertebereich der Magnetik $\pm 100\text{nT}$.

Fundplatz L044 präsentiert sich als große rundliche Anomalienfläche. Die Dipolbildungen an der Nordseite weisen auf einen oder mehrere in-situ-Befunde. Eine Mittelpunktsbohrung (Bohrung 31) musste dreimal angesetzt werden, bevor es gelang, die dort noch gut 30 cm mächtige Schlackenschicht unter dem Humus zu durchteufen (Abb. 42). Dies deutet darauf hin, dass hier noch Material unversehrt im Boden steckt. Eine Datierung von Holzkohlenmaterial aus den Bohrstö-

64 SCHÄFER 2005, 10–12.

65 In 2007 musste ein weiteres wohl zugehöriges Schlackenklotzfragment aus der Böschung entnommen werden, bevor es vom Bach verspült wurde.

66 An beiden Fundstellen konnte durch die spätere magnetische Prospektion ein Verhüttungsstandort ausgeschlossen werden, so dass die Plätze zur Kategorie „Einzelschlacken“ zurückgestuft wurden.

67 SCHÄFER 2007a, 13. ff.



43 Clemency Fundstelle L041. Von Baumwurzeln an die Oberfläche gedrückte Fließschlacken des heute weitgehend abgetragenen Schlackenhügels in Fundlage. Aufnahme vom März 2004.

cken mittels Radiokohlenstoffmessung ist jedoch bisher weder an diesem noch an den unmittelbar benachbarten Schlackenplätzen gelungen. Auf Datierungen an Holzkohlen aus den Schlacken wurde auf Grund der oben angesprochenen Schwierigkeiten verzichtet. Allein die typologische Einstufung des Fundmaterials erlaubt eine grobe zeitliche Fixierung des Platzes in die Eisenzeit bzw. die gallorömische Epoche. Damit kommt auch der diffus geflossenen Einzelschlacke L039 neue Bedeutung zu (Vgl. Abb. 40). Sie fügt sich gut in denselben Technologiekomplex ein, der nunmehr ein mehrere Hektar großes Areal von L081 im Südwesten bis zu L044 im Nordosten umspannt.

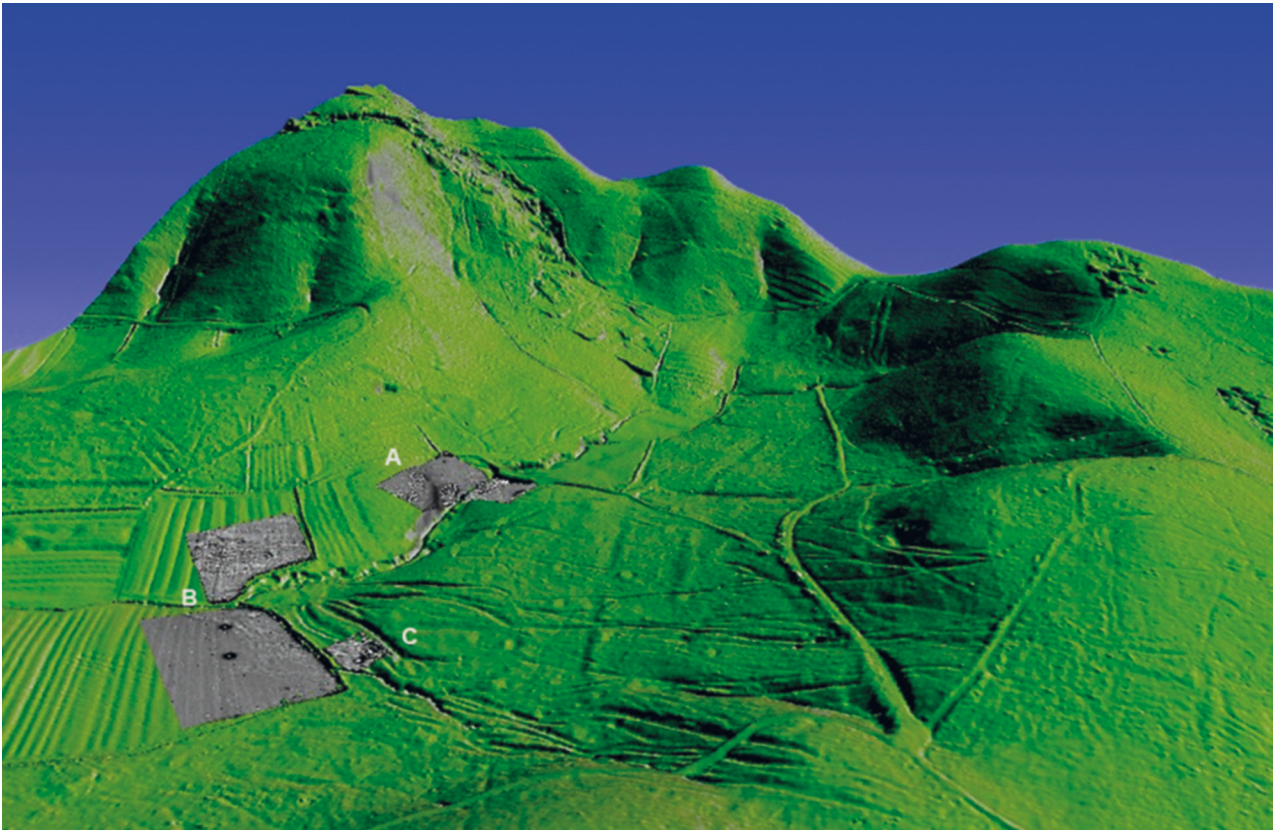
4.3.3 (Früh-)mittelalterliche Verhüttungsplätze

4.3.3.1 L041/L042; L046 Wessegbaach-Ostseite

Nach Ausweis der Schlackenmorphologie gehören die benachbarten Fundplätze L041/L042 mit charakteristischen Abstichschlacken zu einem mittelalterlichen, wahrscheinlich frühmittelalterlichen Produktionsabschnitt. L041 ist am besten erhalten und noch als leichte Erhebung des Waldbodens erkennbar. Es handelt sich um die Reste eines weitestgehend abgetrage-

nen, ovalen Schlackenhügels von ca. 5 m Breite und 8–10 m Länge (Abb. 43). L042 liegt ca. 6 m nordwestlich davon. Dass es sich dabei um zwei eigenständige Verhüttungsplätze mit eigenem Ofenstandort handelt, konnte durch magnetische Prospektion ermittelt werden. Sie erlaubte es 2006 die Platzstruktur in ihrem räumlichen Zusammenhang zu erfassen und in Verbindung mit einer Bohrstocksondage näher zu charakterisieren.

Aufgrund der dichten Bestockung musste die Untersuchungsfläche auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben. Gemessen wurde eine Fläche von 30 m × 40 m (Abb. 28,C; Abb. 40 C). Die Platzstruktur wird durch das Messbild klar erkennbar (Abb. 42). Die drei Fundplätze (hierzu gehört auch der oben besprochene ältere Fundplatz L044) zeichnen sich als große runde bzw. ovale Anomalien ab, deren hohe magnetische Intensität die Identifizierung als metallurgische Befunde unterstützt. Sie weisen Durchmesser von 4–7 m auf, L042 besitzt an seinem Rand zudem einen Bereich höchster Intensität. Hier kann ein Ofenstandort vermutet werden. Bohrungen in Form einer Kreuzcatena festigten diese Interpretation durch die Prä-



44 Blick von der Hochfläche von Clemency nach Südwesten in das Wessegbaachtal hinunter. Eingebildet sind auch die Magnetikflächen A–C. Die jüngeren Wegetrassen stören das Fundplatzensemble L041/42 und L044 (Fläche C).

sens von verziegeltem Lehm und Schlacken, darüber hinaus konnte ein bisher nicht weiter untersuchtes weinrotes Material aus den zentralen Bohrungen in der Anomalie geborgen werden, bei dem es sich um anreduziertes (geröstetes) Erz handeln könnte⁶⁸. Die beiden mittelalterlichen Fundstellen setzen sich im Magnetikbild durch ihre unruhige Struktur deutlich von dem homogeneren Erscheinungsbild des Fundplatzes L044 ab.

Es kann mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass der größte Teil der ursprünglichen Schlackenhalden in späterer Zeit abgefahren wurde und nur die letzten Reste, der Bodensatz quasi, am Fundort zurückblieben. Im Gelände sichtbar sind unmittelbar neben der Fundstelle in Nord-Süd-Richtung verlaufende lineare Rinnen- bzw. Rippenstrukturen, die sich im Geländescan als Bündel von Hohlwegen zu erkennen geben, die in großer Dichte die Nordhänge auf das Plateau des Jongebbesch (Lumbierg) hinaufziehen und die die Schlackenplätze randlich unmittelbar überprägt haben (Abb. 44; vgl. auch Abb. 40).

Aufgrund der engen räumlichen Nachbarschaft und der schlackentypologischen Übereinstimmung wird man die beiden Fundplätze L041/042 als Einheit ansprechen können. Ob wir nur einen Ofenstandort bei L042 vor uns haben, kann nur mit einer Grabung ge-

klärt werden. Die an beiden Fundstellen geborgenen fayalitischen Schlacken gehören mit ihren Fließsträngen (Abb. 45) eindeutig dem Primärprozess (Verhüttung) der Rennfeuertechnologie an. Sie belegen einen Ofentyp mit Schlackenabstich, wie er für das frühe und hohe Mittelalter in weiten Teilen Europas typisch ist. Festgehalten werden kann, dass sich die hier vorhandenen Schlacken typologisch von denen der Verhüttungsplätze auf dem Lamerbiert (L095/L099; s. u.) unterscheiden. Die dort nachgewiesenen zungenförmigen Schlacken lassen sich hier im Wessegbaachtal bisher nicht belegen. Ein Testschnitt durch eine der Halden L041 oder L042 könnte einen wesentlichen Beitrag zur Chronologie der mittelalterlichen Verhüttungstechnologie der Region leisten.

Als symptomatisch für die starke Überprägung des alten Montanreviers in Luxemburg kann der Schlackenplatz L046 gelten (vgl. Abb. 40). Er liegt etwas höher am Hang oberhalb der älteren Fundstellen L081/L004. Im Bereich einer Bachböschung ließen sich nur noch kleine Schlackenreste erkennen, die gleichwohl mit ihren Fließstrukturen morphologisch an die Funde des En-

68 Unmittelbar vergleichbar sind Bohrstöcke aus einer Anomalienengruppe eines Verhüttungsplatzes (Fundplatz C86 „Unterbodenfeld“) im Lahntal bei Wetzlar-Dalheim (Hessen), der 2002 prospektiert wurde und 2006–2012 ausgegraben wurde. Vgl. vorläufig SCHÄFER 2002/2003, 198; ders. 2008/2009, 72 ff.



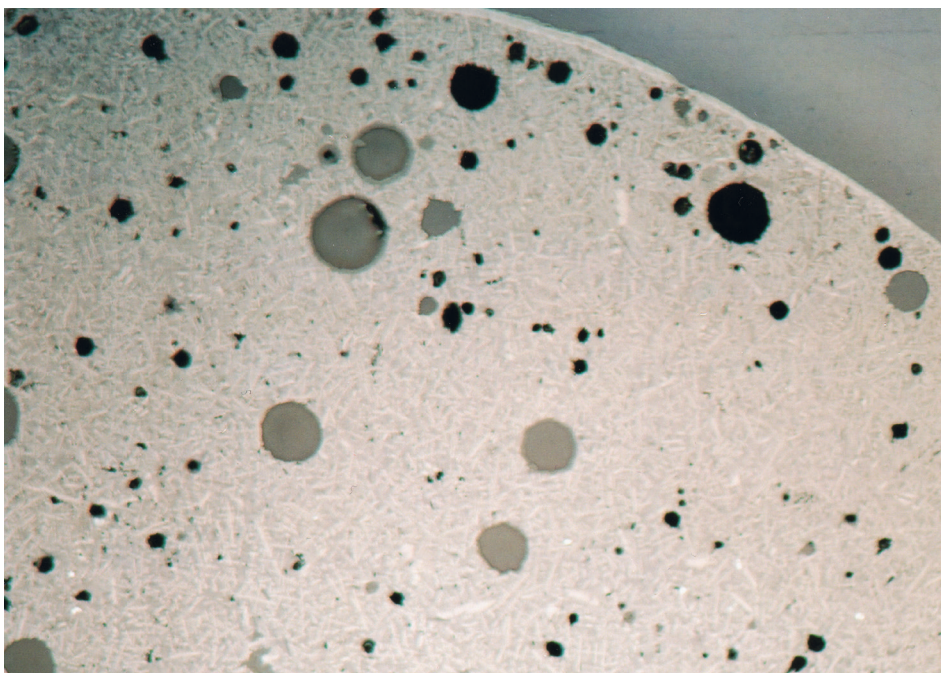
45 Handstück einer typisch in Stockwerken übereinander geflossenen Abstichschlacke vom Fundplatz L041/042 im Wesegbaachtal.

sembles L041/42 angeschlossen werden können. Von der ursprünglichen Halde, die unmittelbar oberhalb der Böschung gelegen haben muss, haben sich hingegen keinerlei Reste erhalten. Mit diesem Beispiel lässt sich die Problematik verdeutlichen, dass ältere Schlackenhalde in der Neuzeit für die Wiederverhüttung im Hochofen abgefahren wurden.

Die symmetrischen Fließschlacken der angesprochenen Fundplätze (L-1/0641 und L-1/0646a) setzen sich aus mehreren, deutlich zu unterscheidenden

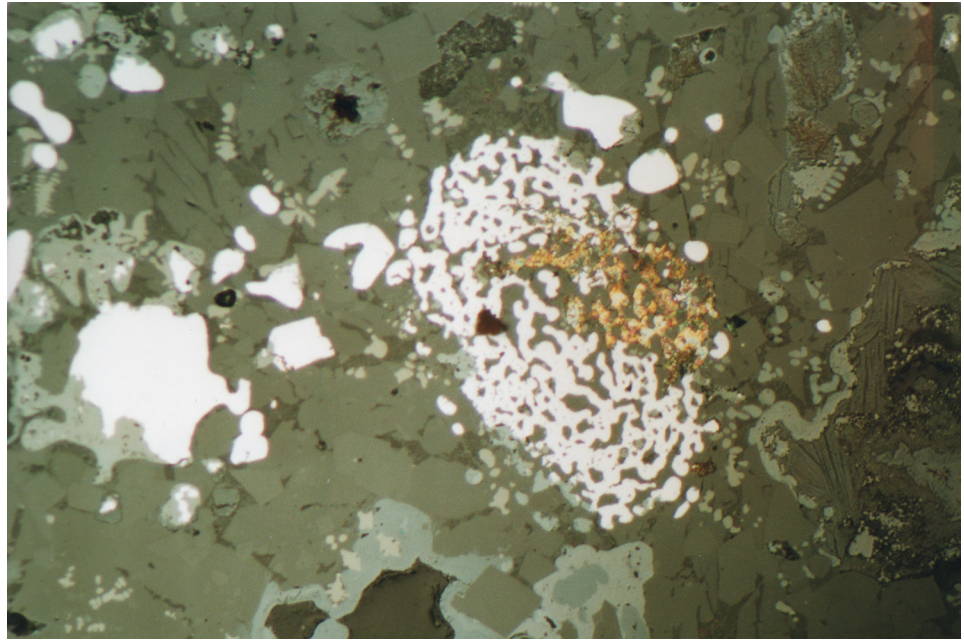
Strängen zusammen. Gefügeuntersuchungen zeigen einzelne, in sich homogen erscheinende Stränge. Sie grenzen sich deutlich voneinander durch Abkühlungssäume ab. In den Strängen überwiegen regelhaft verteilte Fayalitskelette und Wüstitdendriten. Zudem gibt es glasig erstarrte Restzwickel. Grobkörnige wüstitische Abkühlungssäume treten an den Abkühlungsflächen in Erscheinung (Abb. 46), darüber hinaus besonders bei Probe L-1/0641 Relikte von sich sekundär auflösenden Säumen auch innerhalb einzelner Stränge. Gasblasen verteilen sich regelhaft im Raumbild. Das bei den einzelnen Strängen festgestellte Erscheinungsbild der Phasen zueinander zeugt von einem sehr guten Aufschmelzungsgrad. Regelhaft im Raum verteilte Metallfitter und Tropfenagglomerationen von Metall verdeutlichen die durchweg reduzierenden Verhältnisse, die innerhalb der Schlacke geherrscht haben. Dass es sich bei den Schlacken um typische Verhüttungsrelikte handelt, ist unstrittig. Es handelt sich um charakteristische Formen von einem Rennprozess mit Schlackenabstich. Dies unterstreichen die oberflächlich deutlich ausgeprägten, oxidischen Abkühlungssäume, die aus der schnellen Abkühlung der einzelnen Stränge an der Außenluft resultieren.

Neben den Schlacken fand sich an Fundplatz L046 auch ein ankorrodiertes Schlackebröckchen mit runzeliger Oberfläche, das nach dem Sägen Bereiche mit metallischem Eisen aufwies. Die Schlacke besteht aus Fayalit in Form von Skeletten und idiomorphen Körnern mit stark schwankenden Wüstitgehalten meist in Form von Dendriten, wenn er überhaupt in Erscheinung tritt. In den Zwickeln hat sich etwas glasige



46 Gefügebild einer Abstichschlacke L-1/0646a vom Fundplatz L046. Blasige, homogene Fayalit-Wüstitschlacke mit deutlichem eisenoxidischen Abkühlungssaum an der Oberfläche. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.

47 Gefügebild einer Schlacke mit Luppenresten L-1/0646b vom Fundplatz L046. Metallbildungen (hell) in Form von unregelmäßigen Tröpfchen und als lose verbundener Eisenschwamm innerhalb von Fayalit-Wüstit-Schlacke. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 200-facher Vergrößerung.



Restschmelze abgeschieden (Probe L-1/0646b). In der Schlacke findet sich sehr viel ferritisches Metall unterschiedlicher Konzentration. In Gesellschaft mit Wüstiten können einzelne Metallfitter oder agglomerierende Tropfen vorkommen. Diese dürften auf sekundäre Metallbildung innerhalb der Schlacke unter stark reduzierenden Bedingungen zurückgehen (Abb. 47). Gelegentlich finden sich größere Zusammenballungen mit verschlackten Zwischenräumen. Metallzeilen wurden ebenfalls beobachtet und bisweilen größere Metallansammlungen mit von Schlacken durchdrungener Zellstruktur, vielleicht das ursprüngliche Erzgefüge nachzeichnend. Ein Metallteil zeigt sogar Spuren leichter Aufkohlung (Ferrit mit etwas Perlit), die also durchaus bereits während der Luppenbildung in fortgeschrittenen Stadien eingesetzt hat. Beim Metall fanden sich keine Hinweise auf Deformationen oder sonstige mechanische Beanspruchung, wofür auch die vielen unregelmäßigen Hohlräume und einzelne Gasblasen in der Schlacke sprechen. Es handelt sich bei diesen größeren Metallkonzentrationen wohl um in der Abstichschlacke mitgerissene Luppenteile. Dafür sprechen auch die beobachteten Aufkohlungserscheinungen, die an einem anderen Ort stattgefunden haben müssen, da eine Aufkohlung innerhalb des beschriebenen Schlackenmilieus nicht möglich ist.

Um potentielle weitere Ofenstandorte das Wesesgabaachtal hinunter zu detektieren, wurde auf den Wiesenflächen an der Grenze zwischen den Gemeindegebieten von Clemency und Bascharage eine Hangfläche von insgesamt 2 ha beiderseits des Bachlaufes magnetisch untersucht⁶⁹. Das Messbild (Areal B) lässt jedoch ausschließen, dass sich in diesem Areal weitere Verhüttungsstandorte befinden (vgl. Abb. 40)⁷⁰. Auch

im Bereich einiger am Nordhang gelegener Fundstellen mit einzelnen Schlacken aus Maulwurfshügeln (L039–L040) sind Ofenplätze nicht erkennbar. Einige am Südhang auf einer Terrasse gelegene, teils linear angeordnete Anomalien wurden durch Bohrkateten untersucht, die zwar mit einzelnen Holzkohleeinträgen Hinweise auf anthropogene Einflüsse erbrachten, aber, wie Wasser führende Schichten anzeigten, zum überwiegenden Teil natürlichen Ursprungs waren. Zu den auch durch Bohrungen untersuchten Anomalien unten am Bachlauf liegt eine ¹⁴C-Datierung von Holzkohlen aus Bohrstock B15 vor, die die Aktivitäten in diesem Areal in die jüngste Vergangenheit verweist (nach 1950)⁷¹.

4.3.3.2 Frühmittelalterliches Fundplatzensemble L095/L099/L118 Lamerbiert Nordhang

Am Nordhang des Lamerbierts, genau am Grenzverlauf des Erzvorkommens, wurden in der Winterkampagne 2004 die beiden Schlackenhügel L095 und L099 entdeckt. Sie finden sich in idealtypischer Lage im unmittelbaren Umfeld des Zusammenflusses zweier Bachtälchen (Abb. 48). Große Schlacken der nächstgelegenen Schlackenhalde L095 fanden sich im Bachzwickel angereichert. Diese Halde war zum Teil bereits in jüngerer Zeit abgebaut worden, wie die Eintiefung im

69 Die offene Landschaft erlaubte den Einsatz eines vierkanaligen Sondenarrays.

70 Die beiden extrem starken Anomalien auf den Freiflächen östlich des Baches dürften von senkrecht eingebrachten Stäben oder Metallrohren, etwa von einer Bewässerungseinrichtung o. ä., stammen.

71 ETH Zürich Lab. Nr. 32446: -3320 ± 40 BP. Auf die Darstellung der Bohruntersuchungen kann hier verzichtet werden.



48 Schlackenplatz L095 Lamerberg Nordhang (Gemeinde Bascharage). Große Schlacken haben sich im Bachbett angereichert (rechts), die eigentliche Schlackenhalde fand sich ca. 10 m weiter nordöstlich unter dünner Schneeeauflage (links). Aufnahmen Dez. 2005.

Zentrum des ca. 12 m großen, flachen Hügels erkennen lässt. Die zweite Halde L099, ca. 15–20 m nördlich gelegen, ist viel besser erhalten und scheint weitgehend unangetastet. Sie weist ebenfalls einen Durchmesser von rund 12 m auf und ist noch 1–1,5 m hoch. Sie hob sich bei Auffindung durch eine leichte Schneeeauflage von der Umgebung ab. Der Laserscan lässt erkennen, dass es sich bei beiden Plätzen womöglich um die Enden einer einzigen länglichen Halde handelt (s. o. Abb. 21).

Im Umfeld der Schlackenhügel L095 und L099 wurde 2006 Bach abwärts am Gegenhang eine weitere große Haldenschüttung entdeckt (L118). Zusammen mit mindestens einem weiteren, bisher nicht genau lokalisierten Schlackenplatz, der durch Streuschlacken im Bachbett oberhalb der Schlackenhügel L095 und L099 zu erschließen ist, zeichnet sich am Lamerberg mitt-

lerweile ein größerer Produktionsdistrikt ab. Wie weit sich der ursprüngliche Bestand der Denkmäler Hang abwärts fortsetzte, lässt sich nicht mehr genau angeben. Unmittelbar neben dem neu entdeckten Schlackenplatz L118 setzt mit einer Bachverbauung in Form einer Dammsperre (L096) die neuzeitliche Erzwäsche ein, die den älteren Montanbefund hier überprägt hat. Der Laserscan lässt zwar einige weitere verdächtige Anschüttungen/Aufwölbungen im Umfeld erkennen (s. o. Abb. 21), doch erbrachte die Autopsie im Gelände keine weiteren Schlackenhalden. Eine der auffälligen Geländeerhebungen ließ sich als leicht aufgewölbte Meilerplattform klassifizieren, die übrigen waren zwar im Gelände fassbar, erbrachten jedoch keinen Befund.

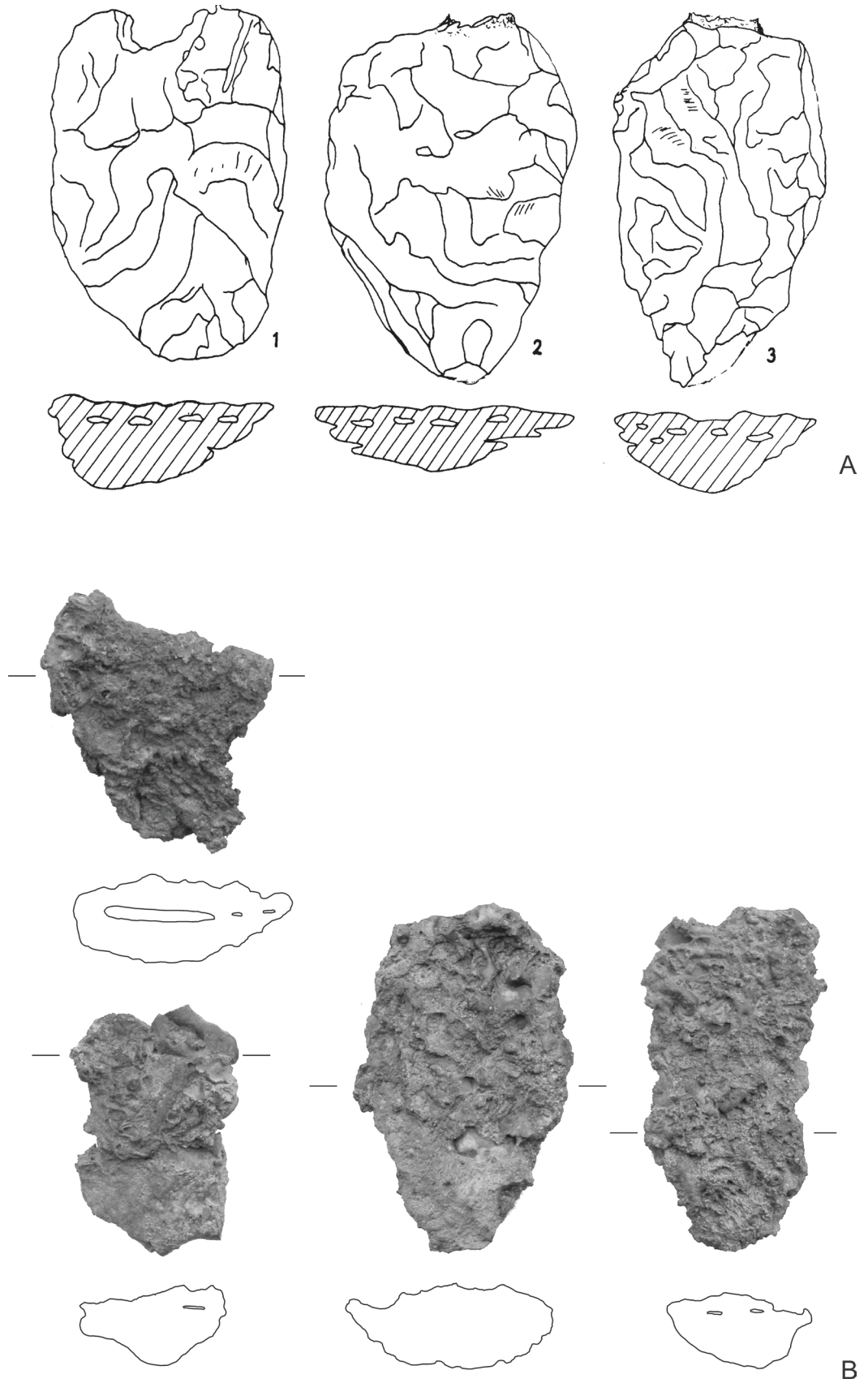
Aus dem Bachbett wurde eine größere Kollektion von Schlacken verprobt, die überwiegend aus großen Schlackenzungen mit Fließstrukturen (Abb. 49) oder aus deren Fragmenten besteht, daneben kommen insbesondere direkt von der Halde L095 noch weitere Fließschlackenformen vor. Die charakteristischen Zungen, deren Unterseite die teils steile Rinne des Abstichkanals nachzeichnet, finden sich auf beiden Halden und scheinen den Haupttyp an Schlacken zu bilden (Abb. 50, B).

Das Gefüge der einzigen bisher analysierten Zungenschlacke L-1/0695 besteht aus verschiedenen Strängen, die durch leuzitische Säume voneinander getrennt sind. Sie setzt sich hauptsächlich aus großen idiomorphen Fayalitkörnern und sehr viel Leuzit in Form von Säumen oder sich auflösenden Saumresten zusammen

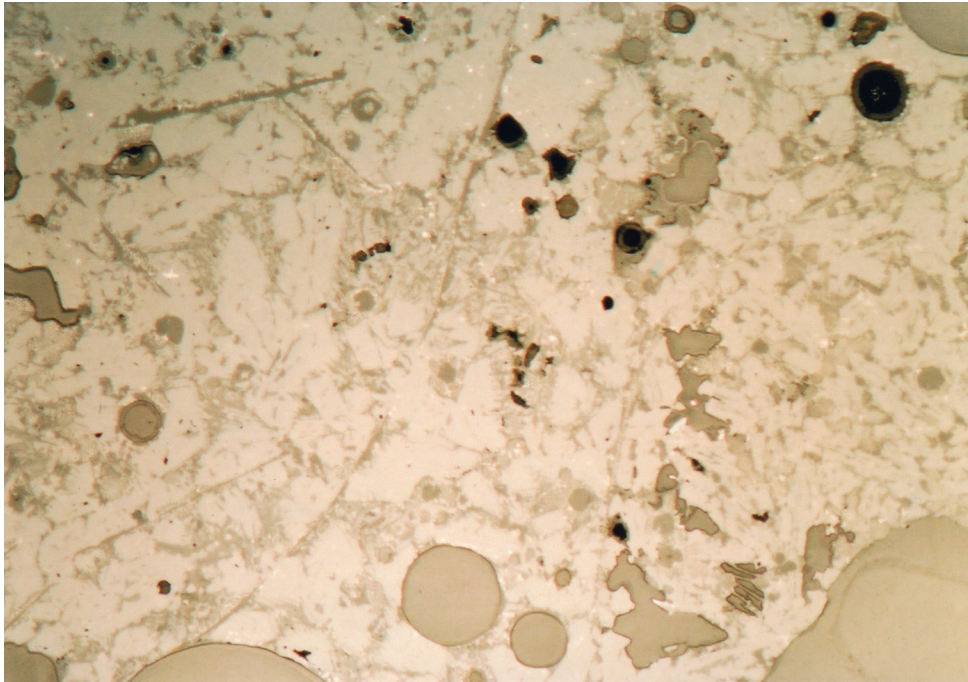


49 Der Länge nach aufgesägte zungenförmige Schlacke vom Lamerberg Nordhang Fundstelle L095.

72 BIELENIN 2003, 192f. mit Abb. 4–5.195.



50 A: Schlackenzungen vom Fundplatz Drassmarkt, Burgenland, Österreich (nach Bielenin 2003). – B: Clemency, Lamerberg Fundplatz L095. Schlackenzungen aus dem Bachbett neben der Halde. – M. 1:4.



51 Gefügebild einer Zungenschlacke L-1/0695 vom Lamerberg Nordhang, Fundstelle L095. Zwei in sich homogene Schlackestränge mit zerfließender Trennungsfuge an den ehemaligen Rändern. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.

(Abb. 51). Eisenoxide beschränken sich auf die Zwickel in Form von Entmischungströpfchen im Leuzit oder einigen wenigen Wüstitdendriten. Auch glasig erstarrte Restschmelzen kommen in den Zwickeln vor. Selten sind Metallfitterwolken mit Korrosionssäumen zu beobachten. Es gibt einige Hohlräume, die auf sich zersetzende Holzkohlen zurückgehen, teils sind auch noch Holzkohlereste vorhanden, gelegentlich mit einem Randsaum von Eisenhydroxiden, der vermutlich auf korrodiertes Metall zurückgeht. Die fast vollständige Abwesenheit von Eisenoxiden erstaunt. Dies lässt auf eine sehr gute Prozessführung mit hohem Metallausbringungsgrad schließen. Zur Absicherung dieses Ergebnisses wäre eine größere Analysenserie wünschenswert.

Zu derartigen Schlackenlungen hat K. Bieleńin Parallelen aus dem Burgenland vorgelegt, deren ¹⁴C-Datierung ein Alter von 970–1060 n. Chr. ergab (Abb. 50, A)⁷². Die Fundstücke vom Lamerberg stimmen in ihrer gesamten Morphologie wie auch im Gewicht so auffallend mit dem burgenländischen Material überein⁷³, dass man schon vorab genauerer Untersuchungen geneigt ist, eine gleichartige Prozesstechnologie wie auch ein ähnliches Alter anzunehmen.

Konnten die Schlackenplätze L095 und L099 bisher nur aufgrund schlackentypologischer Vergleiche in das Frühmittelalter bzw. beginnende Hochmittelalter gesetzt werden, so ließ sich diese Einschätzung in 2007 durch zwei ¹⁴C-Messungen etwas erhärten. Die Analysen von Holzkohlen, die aus zwei Schlackenlungen der beiden Halden extrahiert werden konnten, erbrachten eine Datierungsspanne (2σ) von 570–780 AD

bzw. 800 AD–1020 AD (s. o. Abb. 37). Nach den oben angesprochenen Schwierigkeiten bei der Datierung von Holzkohlen aus Schlacken sind diese Daten aber allenfalls als erste Richtwerte anzusehen. Gleichwohl liegt damit neben den Fundplätzen L041/42/46 mit typischen Abstichsschlacken eine weitere mittelalterliche Produktionstechnologie vor, deren genaue Prozesstechnik es durch gezielte archäometallurgische Untersuchungen in Zukunft zu klären gilt⁷⁴.

73 Die Gewichte der beprobten Schlackenlungen liegen zwischen 1,6 und 3,1 kg. Abgesicherte Durchschnittswerte müssen einer Sondagegrabung vorbehalten bleiben. Bieleńin bildet in seinen Zeichnungen offensichtlich eine Selektion besonders großer Schlackenlungen ab. In der ersten Publikation (BIELEŃIN 1977, 56f.) gibt er hingegen als Durchschnittswert der über 100 ausgegrabenen Stücke ein Gewicht von 1,5–3,5 kg an, was sehr gut mit unserer Stichprobe vom Lamerberg übereinstimmt.

74 Zu einer ersten Einschätzung vgl. die archäometallurgischen Untersuchungen bei GASSMANN 2006, 6.9 (Zungenschlacke L-1/0695).

5 Zur Eisenverarbeitung auf dem Titelberg

Untersuchungen zur wirtschaftlichen Bedeutung des Eisens für das Oppidum auf dem Titelberg, dem Hauptort des keltischen Stammes der Treverer in Luxemburg, blieben bisher ein Forschungsdesiderat. Als Zeugenberg am Rande des Jurahöhenzuges liegt der Titelberg bei Differdange inmitten der reichen Lagerstättenzone im Südwesten des Landes.

Um einen groben Überblick über den Stand des Metallhandwerks (insbesondere der Eisenverarbeitung) im Titelberg-Oppidum zu erhalten, wurden einige gefügekundliche und metallurgische Untersuchungen an Schmiedeschlacken und Metallen aus der Anlage selbst durchgeführt. Zurückgegriffen werden konnte dabei auf Material, das in langjährigen Ausgrabungen J. Metzlers im Bereich des Heiligtums auf dem Titelbergplateau geborgen und dokumentiert wurde. Bei dem Probenmaterial handelt es sich um die typischen kalottenförmigen Schlacken der Eisenverarbeitung (Schmiedeschlacken; Abb. 52), die nicht mit Verhüttungsschlacken zu verwechseln sind. Ziel war es mit wenigen Proben vorab einer umfassenden Untersu-

chung die Bandbreite handwerklichen Könnens in der späten Eisenzeit und dem Beginn der gallo-römischen Epoche zu umreißen. Dabei stand auch die Frage des Bezugs zu den reichen Lagerstätten im unmittelbaren Hinterland des Oppidums zur Debatte.

Bei den in offenen Herden („Schmiedeessen“) durchgeführten Metallverarbeitungsprozessen der Eisenmetallurgie bilden sich in aller Regel innerhalb einer zentralen Eintiefung kalottenförmige Schlacken mit einer konvexen Unterseite und einer flacheren Oberseite. Die Schlackenbildung kann sowohl auf das Austreiben von im Metall eingeschlossener Primärschlacke zurückgehen, als auch auf Reaktionen zwischen Metallen und besonders Metalloxiden mit Zuschlägen/Schweißmitteln, Essebauteilen und Brennstoffaschen. Oft kommen in den Kalotten unaufgeschmolzene Gesteinsbruchstücke und eingebackene Verziegelungen vor⁷⁵. Auch glasige Überzüge an der Oberseite sind charakteristisch. Verarbeitungsprozesse

75 KEESMANN/HILGART 1992.

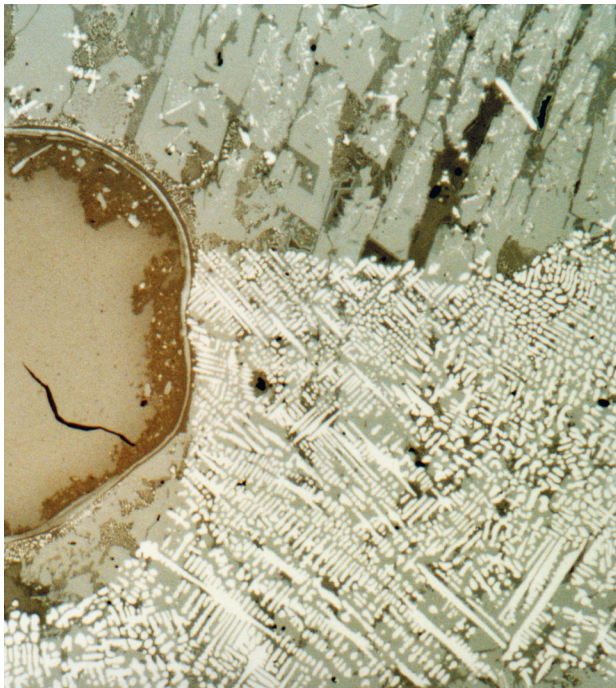


52 Fundkiste mit kalottenförmigen Verarbeitungsschlacken aus dem Siedlungsbereich auf dem Titelbergplateau.

in der Eisenmetallurgie sind sehr vielfältig und umspannen den Bogen von Reinigungs- und Ausheizvorgängen von Luppen unmittelbar nach der Verhüttung bis zu heiss-mechanischer Formgebung und schwierigen Schweißprozessen im offenen Feuer.

Anliegen der Untersuchungen einer Auswahl von Kalotten vom Titelberg war neben einer allgemeinen Zuordnung zur Eisenverarbeitung der Versuch einer inneren Gliederung des, vom äußeren Erscheinungsbildes her, mehr oder weniger gleichförmigen Probenmaterials. Es sollte möglich sein, anhand charakteristischer Merkmale des inneren Bestandes die zugrunde liegenden Verarbeitungsschritte ihrem Wesen nach zu erfassen und nach Spuren der jeweils durchgeführten Arbeiten zu suchen⁷⁶.

Der innere Formenschatz der Schlackenkalotten vom Titelberg erscheint entgegen der äußeren Gestalt durchaus variabel, wobei sowohl innerhalb der einzelnen Exemplare als auch zwischen den Individuen eine deutliche Variationsbreite herrscht. Dies spricht dafür, dass sich die Schlacken zwar wahrscheinlich in einer oder in mehreren baugleichen Anlagen gebildet haben, dort aber durchaus verschiedene Arbeitsabläufe ausgeführt werden konnten. Wie bei den zeitgleichen Verhüttungsschlacken entstehen auch bei der Weiterverarbeitung Schlacken in niedrig schmelzenden Systemen, die gleichfalls unter dem Oberbegriff fayalitischer



53 Gefügebild einer langovalen Kalottenschlacke L-1/2a vom Titelberg (Inv. Nr. 2002/70/5953-s). Fayalit-Wüstit-Schlacke, teils in kotektischer Verwachsung der grauen Fayalitskelette mit den helleren Eisenoxiden, teils kommen die Eisenoxide in dicht gepackter Dendritenform vor. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 25-facher Vergrößerung

Schmelzen zusammengefasst werden können⁷⁷. Zur Bildung reichen Temperaturen deutlich unter 1150°C aus. Als Folge verhältnismäßig rascher Abkühlung tritt der eisenreiche Olivin bei den untersuchten Kalotten bevorzugt in Form graziler Skelette in Erscheinung, nur untergeordnet kommen auch gedrungenen idiomorphe Formen (L-1/3b) von langsamerer Abkühlung vor.

Hohe Variabilität innerhalb der einzelnen Proben und zwischen den Proben besteht vor allem in der Verteilung und Beschaffenheit der unterschiedlich und außer bei L-1/2c häufig auftretenden Eisenoxidphasen bei den Fayalitschlacken. Gelegentlich beobachtete eutektisch/kotektische Verwachsungen (Abb. 53) von Fayalit und Wüstit (L-1/2a) zeigen, dass ein Teil der Eisenoxide bereits primär an der Schlackenbildung beteiligt war.

An den Zwickeln lässt sich meist hoher Glasanteil beobachten, der überwiegend aus alkalischen und erdalkalischen Eisen-Silikatgläsern besteht (Abb. 54). Gelegentlich weisen die Gläser auch leuzitische Zusammensetzungen auf, dann finden sich oft eisenoxidische Entmischungströpfchen innerhalb der Gläser (L-1/2a, 2c, 3b). Auch häufig beobachtete Gasblasen zeigen mitunter leuzitische Randauskleidungen, die teils auch isoliert in der Schlacke als Relikte von implodierten Blasen vorkommen können.

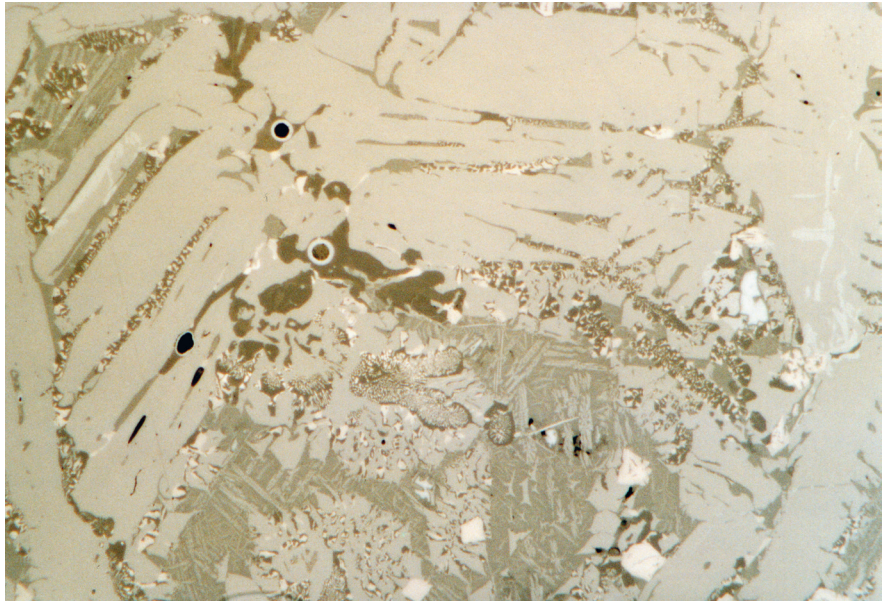
Hin und wieder wurden innerhalb der Kalotten reliktsche Holzkohleeinschlüsse erkannt, die gelegentlich Säume neu gebildeten Metalls aufweisen (Abb. 55). Dies zeigt, dass sich bei der Metallverarbeitung in offenen Essen partiell so sehr stark reduzierende Bedingungen einstellen können, dass sich vorhandene Eisenoxide teilweise wieder zu Metall umwandeln. Eine gewollte Metallproduktion lässt sich daraus aber nicht rekonstruieren, da die Metalltröpfchen nicht aus der Schlacke ausgebracht werden konnten. Immerhin belegen sie, dass bisweilen unter stark reduzierenden Bedingungen gearbeitet werden musste. Dies ist beispielsweise beim Feuerverschweißen oder beim Aufkohlen von Oberflächen erforderlich. Bei L-1/2a zeigen Teilbereiche mit Metallneubildungen wieder stark reduzierende Bedingungen an. Es gibt aber auch Zonen mit höher wertigen Eisenverbindungen wie Magnetit und dem Eisensilikat Iscorit (Abb. 56), die temporär stark oxidierende Bedingungen nahe legen⁷⁸. Dies spricht für schwankende Systemeinstellungen innerhalb der Kalotte, die sich nicht im Gleichgewicht befunden haben. Vermutlich wird die Prozessführung je nach den Erfordernissen stark variiert haben.

⁷⁶ GASSMANN 2004b.

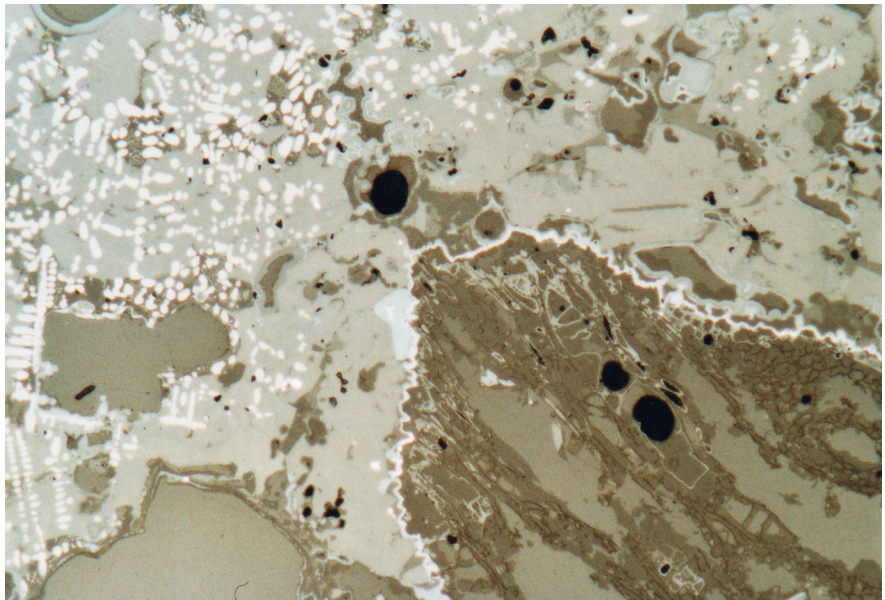
⁷⁷ Vgl. KRONZ/KEESMANN 2005.

⁷⁸ KEESMANN 1989, bes. 31.

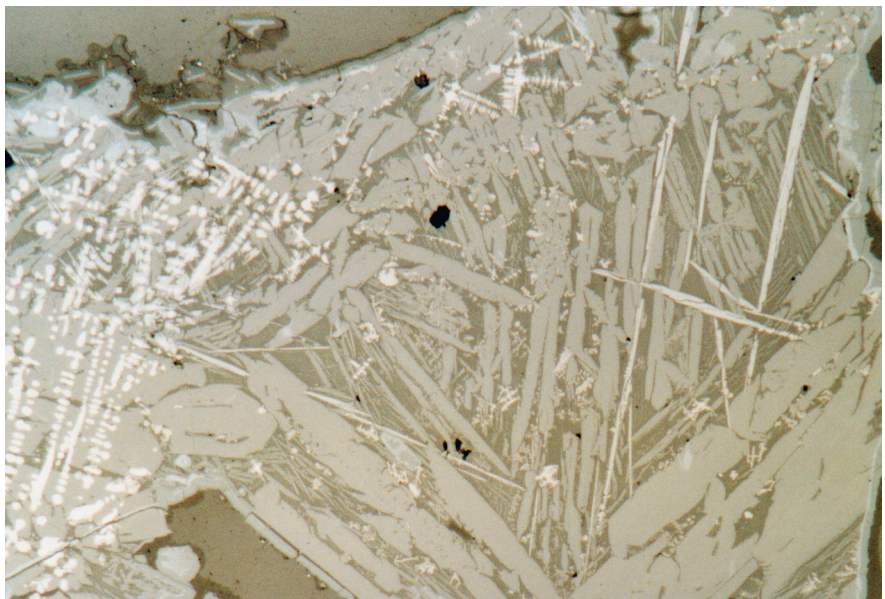
54 Gefügebild einer langovalen Kalottenschlacke L-1/2a vom Titelberg (Inv. Nr. 2002/70/5953-s). Fayalitschlacke mit Spinellen (hellere Grautöne) und glasig leuzitischen Zwickelfüllungen. Auflichtmikroskopische Detailaufnahme bei 50-facher Vergrößerung.

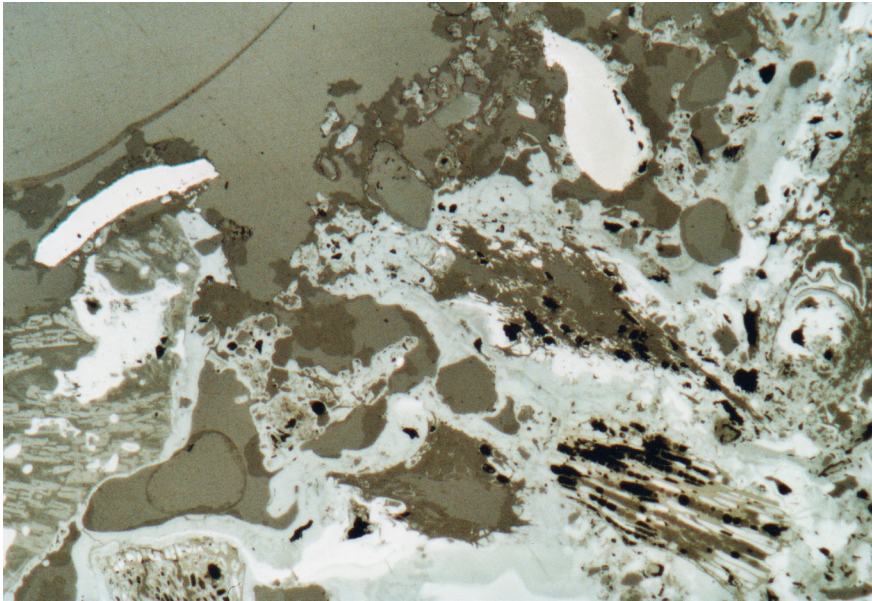


55 Gefügebild einer kleinen Kalottenschlacke mit Entgasungsblasen L-1/2c vom Titelberg (Inv. Nr. 2002/70/5953-s). Dunkler Holzkohlerest mit Zellstruktur innerhalb einer porösen Fayalit-Wüstit-Schlacke. Um die Holzkohle hat sich ein dünner gezackter Metallsaum (hell) gebildet. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.

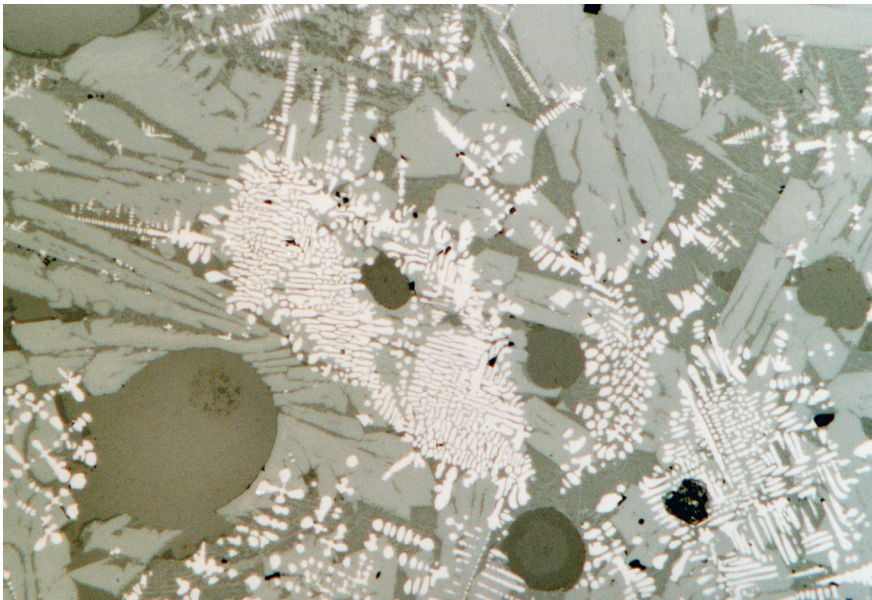


56 Gefügebild einer langovalen Kalottenschlacke L-1/2a vom Titelberg (Inv. Nr. 2002/70/5953-s). Fayalit-Wüstitschlacke mit grazilen langgestreckten Iscoritnadeln. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.

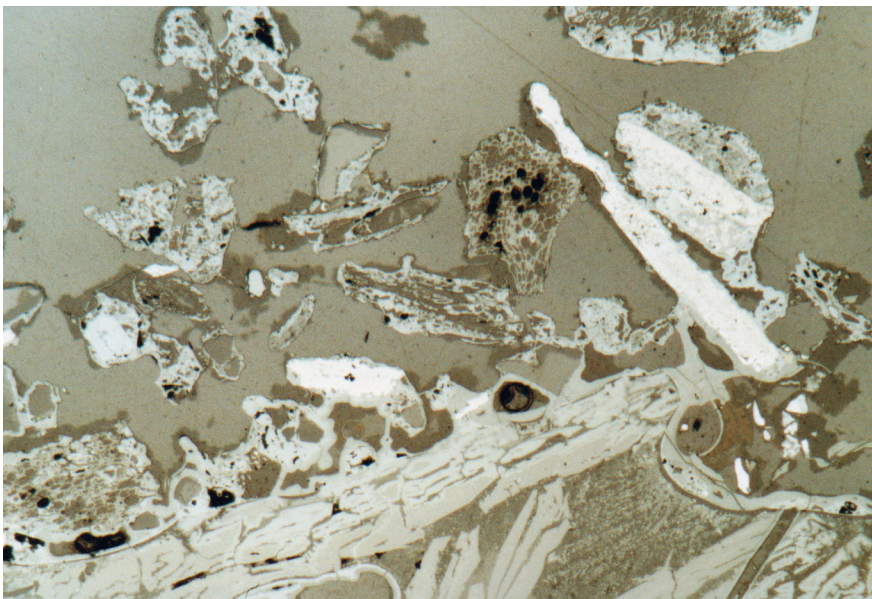




57 Gefügebild einer ankorrodieren Schlackenkalotte L-1/3b vom Titelberg (Inv. Nr. 1995/70/581-s). Korrosionsrinde (blaugraue Farbtöne) mit Holzkohleeinschlüssen, Löchern und eingebackenen Quarzkörnern. Zudem gibt es helle leicht gebogene Hammerschlagschüppchen. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.



58 Gefügebild einer kompakten Kalottenschlacke L-1/4 vom Titelberg (Inv. Nr. 1997/70/1498-s). Blasig glasige Fayalitschlacke (unterschiedliche Grautöne) mit zu Dendriten zerfließenden hellen Eisenoxidgehalten. Teils lässt sich die Form der von außen eingetragenen Hammerschläge noch erahnen. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.

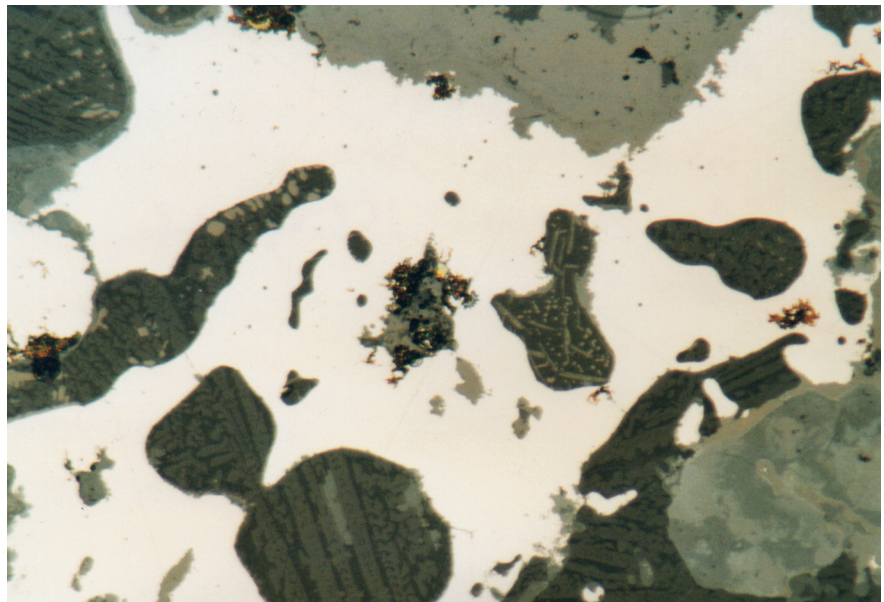


59 Gefügebild einer ankorrodieren Schlackenkalotte L-1/3b vom Titelberg (Inv. Nr. 1995/70/581-s). Poröser Randbereich mit Fayalitskeletten und lang gestreckten scharfkantigen Hammerschlägen (helle Schuppen). Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.

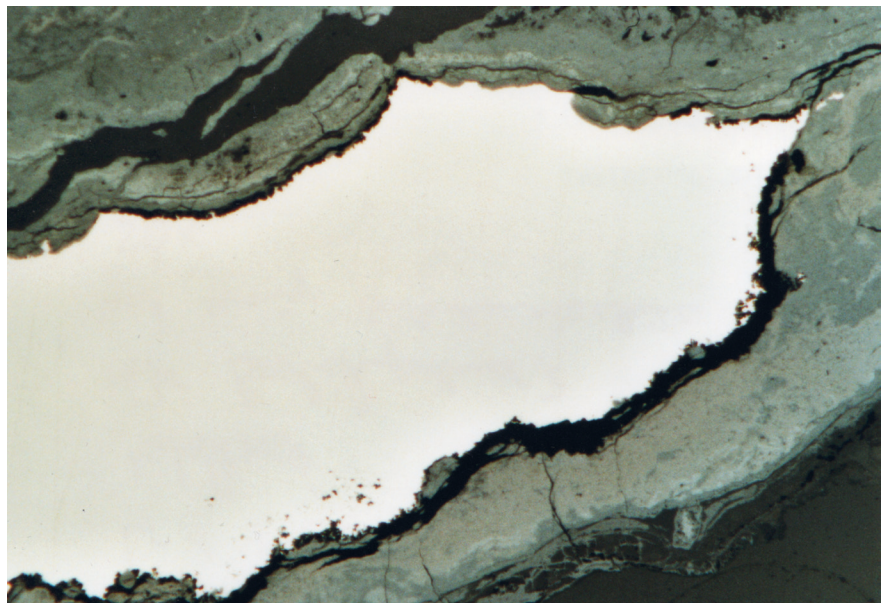
60 Sägeschnitt durch Schlackebröckchen L-1/3d vom Titelberg (Inv. Nr. 1995/70/581-s) mit viel Metall (helle Bereiche).



61 Gefügebild eines Schlackebröckchen L-1/3d vom Titelberg (Inv. Nr. 1995/70/581-s). Heller Metalleinschluss in Fayalit-Wüstit-Schlacke mit für Luppen aus Rennprozessen typischem primärem Schwammgefüge mit Schlackeneinschlüssen im Metall. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 100-facher Vergrößerung.



62 Gefügebild eines stark korrodierten Metallstücks L-1/2b vom Titelberg (Inv. Nr. 2002/70/5953-s). Metallkern (hell) umhüllt von dicken Korrosionslagen (unterschiedliche Grautöne). Der Metallkern erscheint sehr dicht ohne nennenswerte Schlackeneinschlüsse. Das Gefüge wird auf einen fortgeschrittenen Verarbeitungsstand zurückgeführt. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.



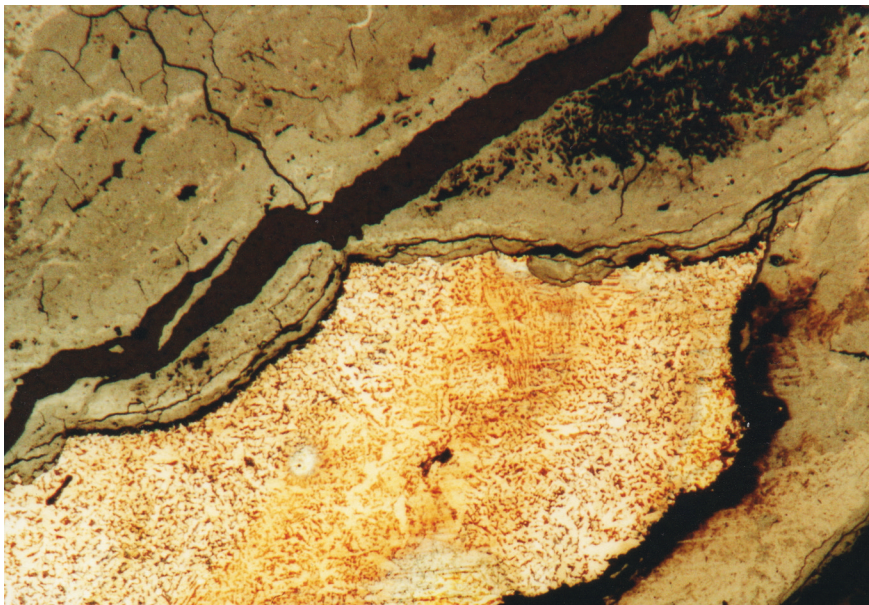
Zur Rekonstruktion der ausgeführten Arbeitsschritte reicht die Phasenansprache alleine nicht aus. Mehr Gewicht kommt der Analyse der noch erkennbaren und nicht vollständig aufgeschmolzenen äußeren Einträge wie Flussmittel, Hammerschläge (Abb. 57) oder verloren gegangener Metallsplitter zu, da diese unmittelbar von den ausgeführten Tätigkeiten stammen⁷⁹. Die eisenoxidischen Hammerschläge können sich in der Schlacke zwar nach und nach bis zur Unkenntlichkeit zersetzen. Bei (L-1/4) ging die Zersetzung soweit, dass lokal ein fast regelhaftes Gefügebild aus Fayalit im Wechsel mit Wüstitdendriten resultierte. Dies ist aber die Ausnahme, meist finden sich die Eisenoxide in unregelmäßiger Verteilung, beispielsweise als scharfkantige Oxidinseln, in blumenkohlartiger Anordnung oder als zerfließende Oxidwolken (Abb. 58), in körniger oder dendritischer Ausprägung. Je unversehrter die ursprüngliche Form noch erhalten ist, desto eher erlaubt sie Rückschlüsse auf den jeweiligen Bearbeitungsstand der Oberfläche von der sie ursprünglich stammt. Sie bildet quasi den Abdruck des ausgeführten Schlages auf die geschmiedete Oberfläche und deren ehemalige Gestalt.

Unregelmäßig geformte Hammerschläge wie sie bei der Kalotte L-1/2a vorkommen, legen nahe, dass teilweise mit noch wenig geformtem Metall operiert wurde. Andererseits zeigen bei den meisten Proben die noch im ursprünglichen Verband verbliebenen Hammerschläge meist scharfkantige Oberflächen und sprechen somit für fortgeschrittene Schmiedetätigkeiten an glatten Oberflächen (Abb. 59).

Dazu passen in den Schlacken angetroffene blasig aufgeschäumte Verziegelungen mit hitzegeborstenen Quarzkörnern die auf Flussmittel zur Verschlackung der Hammerschläge hindeuten. Auch reiner Quarz-

sand wurde zugegeben, wie immer wieder beobachtete größere unaufgeschmolzene Gesteinskörner nahe legen. Vielleicht wurde auch beigemengter Kalk als Flussmittel verwendet⁸⁰.

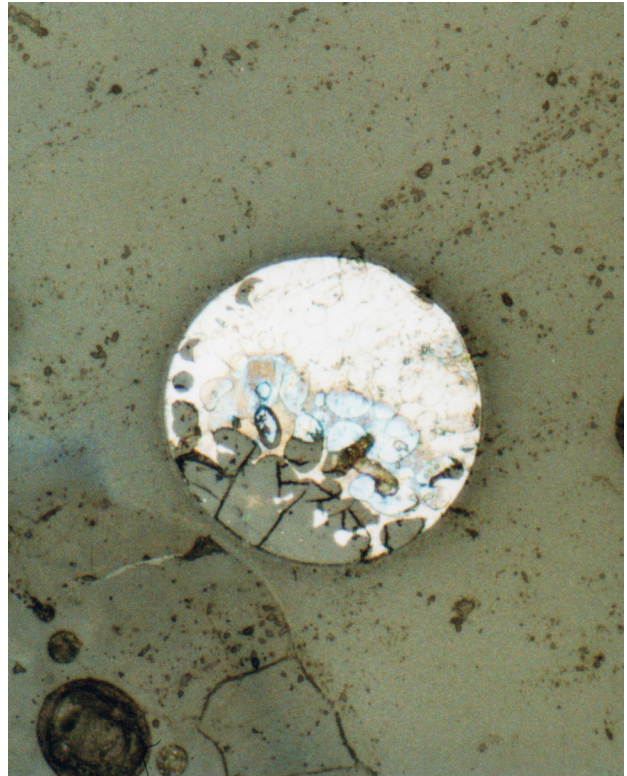
Hin- und wieder verloren gegangene Metallreste (Abb. 60) ergänzen die Beobachtungen an den Fremdeinträgen in den Schlacken. Reste einer noch wenig verformten Luppe (Abb. 61) neben dicht gepacktem Wüstit in blumenkohlartiger Anordnung innerhalb einer Verarbeitungsschlacke L-1/3d verdeutlichen, dass die Metallhandwerker am Titelberg wohl auch mit Rohmaterialien hantiert haben, die sie ausheizen mussten. Scharfkantige Hammerschlagplättchen die in Korrosionsschichten an der gleichen Probe anhaften, dürften bei fortgeschrittenen Formgebungsprozessen von anderen Metallen stammen und hier sekundär angebacken sein. Ein Metallrest eines weit fortgeschrittenen Schmiedeprozesses fand sich in Form eines stark korrodierten Stückes mit abgeknickten Rand (L-1/2b). Die Probe besteht größtenteils aus übereinander liegenden Korrosionsschichten mit deutlichen Trennfugen. Nur untergeordnet haben sich metallische Reste erhalten (Abb. 62), die sich metallografisch ansprechen lassen: es handelt sich um leicht aufgekohlten Stahl aus Ferrit und Perlit, mit homogener Kornverteilung und angedeutetem Lagenbau (Abb. 63). Das Gefüge spricht für einen weit fortgeschrittenen Bearbeitungsstand inklusive bereits vollendeter Kalt- und Schweissvorgänge. Die Korrosionslagen dürften mehrheitlich ursprünglich aus entsprechend zusammengesetztem Metall bestanden haben. Zwischenräume und randlich anhaftende Verunreinigungen mit Holzkohleeinschlüssen Quarzkörnern und gelegentlichen scharfkantigen Eisenoxid-



63 Gefügebild eines stark korrodierten Metallstücks L-1/2b vom Titelberg (Inv. Nr. 2002/70/5953-s), geätzt mit verdünnter Salpetersäure. Leicht aufgekohltes Metall mit einzelnen Lagen aus Ferrit (weisslich) und Perlit (bunt) in den Zwischenräumen. Randlich haben sich dicke Korrosionsanhaftungen gebildet. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 50-facher Vergrößerung.



64 Handstück einer Schlackenkalotte L-1/3a vom Titelberg (Inv. Nr. 1995/70/581-s).



65 Gefügebild der Schlackenkalotte L-1/3a vom Titelberg (Inv. Nr. 1995/70/581-s). Rundlicher Metalleinschluss in glasig-blasier Schlacke. Auflichtmikroskopische Aufnahme bei 200-facher Vergrößerung.

schüppchen (Hammerschlag) sind zwar sekundäre Erscheinungen, aber wiederum aus dem Kontext fortgeschrittener Formgebungsprozesse.

Als singular erwies sich die Kalotte L-1/3a, die sich von der äußeren Form her gut in den übrigen Formenschatz einfügt (Abb. 64). Sie besteht im wesentlichen aus einer glasig erstarrten Matrix mit vielen grob fragmentierten Einschlüssen von feinblasig aufgeschäumten Verziegelungen, die zahlreiche hitzegeborstene Quarzpartikel enthalten. Innerhalb der Glasmatrix kommen sehr viele überwiegend sehr kleine kugelige Metalleinschlüsse vor, teils begleitet von deutlichen Korrosionen. Durch Ätzung mit 3%-iger Salpetersäure gelang es, an den größeren Metalleinschlüssen metallografische Studien durchzuführen. Bei den Einschlüssen handelt es sich demnach mehrheitlich um Eisen-Kohlenstofflegierungen in Form von nicht schmiebbarem untereutektischem Roheisen⁸¹ (Abb. 65). Es gibt aber auch kohlenstofffreie ferritische Kugeln. Die kugelige Form der Einschlüsse belegt, dass das Metall einen vollständig flüssigen Aggregatzustand durchlaufen hat. Bei einfachen Schmiedetätigkeiten ist dies nicht der Fall, es muss sich um ein hochspezialisiertes Verfahren handeln, das aber der äußeren Form nach offensichtlich ebenfalls in den gleichen offenen Schmiedeessen durchgeführt wurde.

5.1 Chemische Analysen an Schlacken

Eine begrenzte Auswahl von Schlacken und Erzen wurde auf ihren Haupt- und Spurenelementbestand durch physiko-chemische Messungen mittels optischer Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Hochfrequenzplasma (ICP-OES) analysiert. (s. Anhang Abb. 80 und 81). Die in der Tabelle Abb. 80 wiedergegebenen Hauptelementgehalte sind auf die gängigsten Oxidformeln berechnet. Besonders im Fall der Eisengehalte birgt das Berechnungsverfahren eine unvermeidliche Fehlerquelle, da Eisen in mehreren Oxidationsstufen und in metallischer Form nebeneinander vorkommen kann. Daraus resultieren scheinbar zu hohe oder zu niedrige Werte, so dass die Summen der angegebenen Analysewerte in einen breiten Schwankungsbereich fallen können, ohne dass die Zahlenwerte *per se* ungenau sind. Um den Erzzusammensetzungen am nächsten zu kommen, sind die Angaben auf das dreiwertige Eisenoxid berechnet. Die Berechnungen ergeben zwangsläufig eine fehlerhafte Darstellung der Schlacken, in denen zweiwertiges Eisenoxid vorherrscht.

79 GASSMANN 2004b.

80 KEESMANN 1985, bes. 53.

81 HORSTMANN 1985.

Zur Vergleichbarkeit der Zahlenwerte muss dieser Fehler in Kauf genommen werden. Der Glühverlust wurde nicht bestimmt, dies kann bei goethitischen Erzen zu niedrigeren Analysensummen führen.

Die auf ihren Haupt- und Spurenelementgehalt analysierten Verhüttungsschlacken (Schlackenklötze und Fragmente KL; diffuse Fließschlacke dFS; Abstichschlacke AS und Zungenschlacke ZS) bestehen zur Hauptsache aus Eisenoxiden und Kieselsäure und bestätigen die bereits durch die Gefügeuntersuchungen erwartete pauschale Zuordnung zu Rennfeuerprozessen anhand der fayalitischen Zusammensetzungen. Die Eisengehalte der Schlackenmehrheit liegen zwischen 65 und 70 Gew. % Fe_2O_3 (58 und 63 Gew. % FeO) bei Kieselsäuregehalten zwischen 17 und 24 Gew. % SiO_2 und passen damit ins Spektrum alter Rennfeuerschlacken. Lediglich bei der Zungenschlacke ist der Eisengehalt mit nur 57 Gew. % Fe_2O_3 (51 Gew. % FeO) etwas unterrepräsentiert, einhergehend mit einem etwas höheren Kieselsäureanteil von 27 Gew. % SiO_2 , was für eine besonders gute Prozessführung sprechen kann. Aluminium rangiert mit 6 bis 9 Gew. % Al_2O_3 bei allen Proben relativ hoch. Bemerkenswert sind die Phosphorgehalte zwischen 2 und 4 Gew. % P_2O_5 . Kalzium ist mit 1 bis 3 Gew. % CaO, bei der Zungenschlacke sogar mit 5 Gew. % vertreten. Neben Kalzium erreicht noch Magnesium Werte bis knapp 1 Gew. % MgO. Alle übrigen Elemente liegen deutlich darunter, wobei Titanoxid noch bis zu 0,5 Gew. % TiO_2 erreicht und Mangan mit bis zu 0,8 Gew. % zu Buche schlägt.

Das Spurenelementspektrum aller Verhüttungsschlacken (s. Anhang Abb. 81) verläuft relativ gleichförmig. Es gibt etwas Barium, Strontium, Nickel, Zink, Yttrium, Zirkon, Chrom und Vanadium, aber bei den verschiedenen Proben jeweils in der gleichen Größenordnung, so dass eine Feindifferenzierung der unterschiedenen Schlackentypen geochemisch mit der geringen Probenmenge einstweilen nicht möglich ist. Der Gleichklang deutet aber auf eine einheitliche Erzbasis.

Die kalottenförmigen Weiterverarbeitungsschlacken vom Titelberg sind zwar ähnlich zusammengesetzt wie die Verhüttungsschlacken, schließlich sind sie ebenfalls aus fayalitischen Schmelzen hervorgegangen, es gibt aber auch erkennbare Unterschiede. Die Eisengehalte rangieren uneinheitlich zwischen 52 Gew. % und hohen 78 Gew. % (Fe_2O_3) mit 22 Gew. % bis max 36 Gew. % SiO_2 . Schon daraus lässt sich eine Heterogenität des Untersuchungsmaterials ablesen. Aluminium schwankt zwischen 2 und 6 Gew. % Al_2O_3 . Kalzium ist mit 4 bis 5 Gew. % überaus reichlich vertreten und könnte als Zuschlag ins System gelangt sein. Alle übrigen Elemente, darunter auch Mn, Mg, Na, P und Ti (auf die gängigen Oxide berechnet) liegen deutlich unter 1 Gew. % und spielen für die Schlackenzusammensetzungen nur eine untergeordnete Rolle. Die Nebenelemente Mn, Mg und P, sind gegenüber den analysierten Verhüttungsschlacken etwas zurückgedrängt. An nennenswerten Spurenelementen sind nur Ba, Sr, Zn und Zr anzuführen.

6 Ergebnis und Diskussion der naturwissenschaftlichen Materialuntersuchungen

In Südwestluxemburg gibt es sehr weit verbreitete Eisenerzvorkommen, die eine bedeutende Wirtschaftsgrundlage bis in die jüngste Vergangenheit bildeten. Es lassen sich drei Hauptvererzungstypen unterscheiden: Minette-Erze, Bohnerze und jüngertertiäre Sekundärerze. Während für die beiden erstgenannten Typen bisher die Anfänge ihrer Nutzung noch im dunkeln liegen, so konnten in den umfangreichen Sekundärerzonen einige Belege früher Metallproduktion, insbesondere in Form von Verhüttungsabfällen erbracht werden, die eindeutige Zusammenhänge mit den lokal verfügbaren Erzen aufzeigen. An Verhüttungsabfällen seien besonders die stets in großer Zahl anfallenden Schlacken erwähnt, die zunächst als unbrauchbarer Abfall an den Ofenstandorten gelagert wurden. Ihre Eignung zur Nachnutzung im Wegebau oder als Zuschläge technisch fortgeschrittener Prozessführung machte sie jedoch in jüngerer Zeit zu einem gefragten Rohstoff. Dennoch fanden sich Belege differenzierter Schmelzverfahren zur Eisenproduktion, die sich in unterscheidbaren Schlacketypen spiegeln und wohl zu unterschiedlichen Zeiten erzeugt wurden. Namentlich lassen sich drei Haupttypen unterscheiden: große Klötze, die in zentralen Schlackengruben unterhalb der Ofenschächte langsam erstarrt sind und wohl in der ältesten Produktionsphase entstanden sind⁸², zungenförmig geflossene Abstichschlacken⁸³ und symmetrische Abstichschlacken⁸⁴, die beide wohl erst im Mittelalter erzeugt wurden, wobei die zeitliche Abfolge noch zu klären wäre. Die Abstichschlacken, besonders die symmetrischen, sind relativ rasch an der kühlen Außenluft zu ihren charakteristischen Formen erstarrt. Wie der äußere Formenschatz zu unterscheidbaren Typen geführt hat, so liefern auch die Beobachtungen im Schmelzbild charakteristische Phasenzusammensetzungen, die eine Differenzierung der Schlacketypen zulassen. Besonders markant sind die Phasenausprägungen der Klötze mit großen langsam erstarrten Phasenbeständen. Im Gegensatz dazu zeigen die symmetrischen Abstichschlacken oberflächliche eisenoxidische Abkühlungssäume vom Kontakt mit der Außenluft beim Abstich. Die zungenförmige Schlacke fällt durch die weitgehende Absenz von Eisenoxiden aus dem Rahmen.

Mit den physiko-chemischen Elementbestimmungen haben sich zwischen den jünger Tertiären Sekun-

därerzen und den Verhüttungsschlacken Entwicklungslinien und gute Übereinstimmungen gezeigt, die eine Zusammengehörigkeit belegen. Besonders der Phosphorreichtum der jüngertertiären Erze, der sich in den untersuchten Schlacken spiegelt, scheint vielleicht zunächst intuitiv mit höherer Schwankungsbreite bei den Klötzen, später aber zielgerichtet kalkhaltige Zuschläge ausgelöst zu haben. Bemerkenswert sind besonders der hohe Kalziumgehalt und ein wesentlich niedrigerer Eisenanteil in der Zungenschlacke, die für eine modifizierte Prozessführung sprechen.

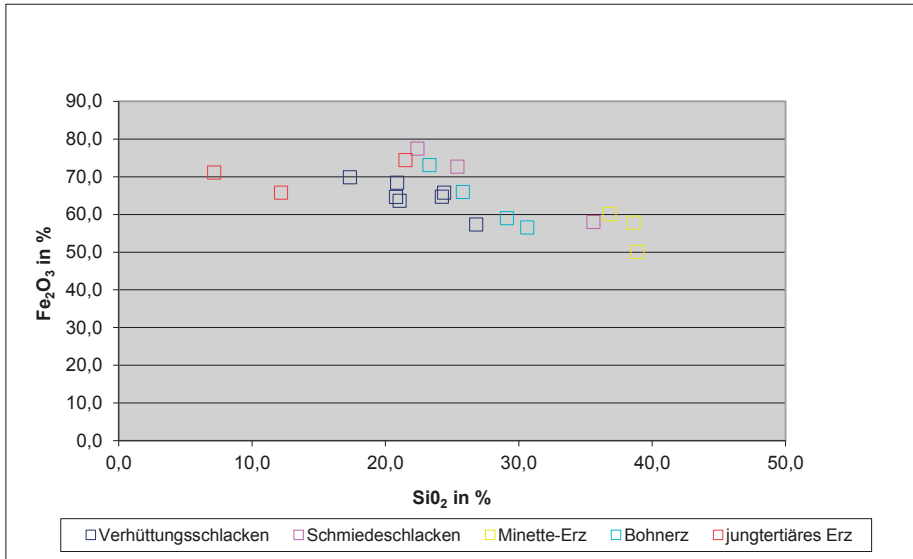
Durch Korrelationsdiagramme lassen sich mögliche Beziehungen oder Unterschiede zwischen Schlacken und Erzen noch besser erkennen. In die Daten könnten auch anlagenspezifische Faktoren eingehen, für solche Vergleichsstudien ist aber die Materialbasis einstweilen noch zu gering. Die Verhüttungsschlacken wurden deshalb gemeinsam dargestellt (dunkelblau) und in Relation zu den Schmiedeschlacken vom Titelberg (lila) und den unterschiedenen drei Hauptvererzungen (Minette gelb; Bohnerz hellblau, Sekundärerz rot) gesetzt, um Hinweise auf die Materialbasis und potentielle Zuschlagstoffe herauszuarbeiten. Dies geschieht, in dem Elemente gegeneinander aufgetragen werden, die voraussichtlich im Erz oder im Zuschlag bereits miteinander in einem konstanten Verhältnis vorkommen und bei den Prozessabläufen möglichst vollständig in die Schlacke übergehen. Dabei sind potentielle An- oder Abreicherungs-faktoren zu berücksichtigen.

Mit dem Auftrag des Eisengehalts gegen Kieselsäure (Abb. 66) kann prinzipiell geklärt werden, ob aus einem Erz eine Schlacke mit der analysierten Zusammensetzung gebildet werden kann. Dies trifft bei den untersuchten Proben besonders für die reichen „Sekundärerze“ zu. Die Sekundärerze liegen links und oberhalb der Verhüttungsschlacken. Bei der Verhütung reichern sich die Eisengehalte ab, während der Kieselsäuregehalt deutlich zugenommen hat und teilweise vielleicht von außen zugeführt wurde. Theoretisch ließen sich auch aus einem Teil der Bohnerze Schlacken ähnlicher

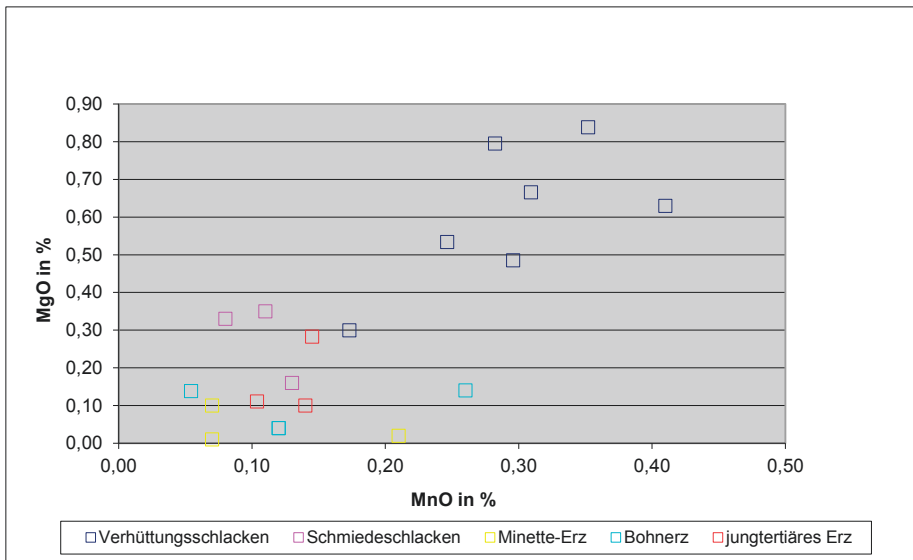
82 Beispiele bei BIELENIN 1983.

83 Vgl. BIELENIN 2003.

84 Beispiele u. a. bei JOCKENHÖVEL/WILLMS 2005.



66 Korrelation von Kieselsäure (SiO₂) gegen Eisenoxid (Fe₂O₃) in ausgewählten Proben.



67 Korrelation von Magnesiumoxid (MgO) gegen Manganoxid (MnO) in ausgewählten Proben.

Zusammensetzungen generieren, dann bräuchten wir aber noch ein paar Ausgangserze mit höheren Gehalten, die zu den eisenreichsten Schlacken passen. Die Minette-Erze liegen weit abgeschlagen in einem isolierten Feld. Auf die Verarbeitungsschlacken muss an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

Es gibt Schlacke liebende Erzbegleiter und weitere Reaktionspartner, die bei der Verhüttung nicht reduziert werden können und sich in der Schlacke anreichern. Hierzu zählen alle Metalle, die starke Sauerstoffverbindungen eingehen wie Alkalien, Erdalkalien, seltene Erden und Schwermetalle wie Titan oder Mangan. Darüber hinaus gibt es Spurenelemente, die charakteristische geochemische Begleitelemente darstellen, die bei unterschiedlichen Ausgangsmaterialien in differenzierten Konzentrationen vorkommen. Durch Elementkombinationen in Korrelationsdiagrammen lassen sich dadurch Gruppierungen vornehmen, die Ähnlichkeiten oder Unterschiede der miteinander ver-

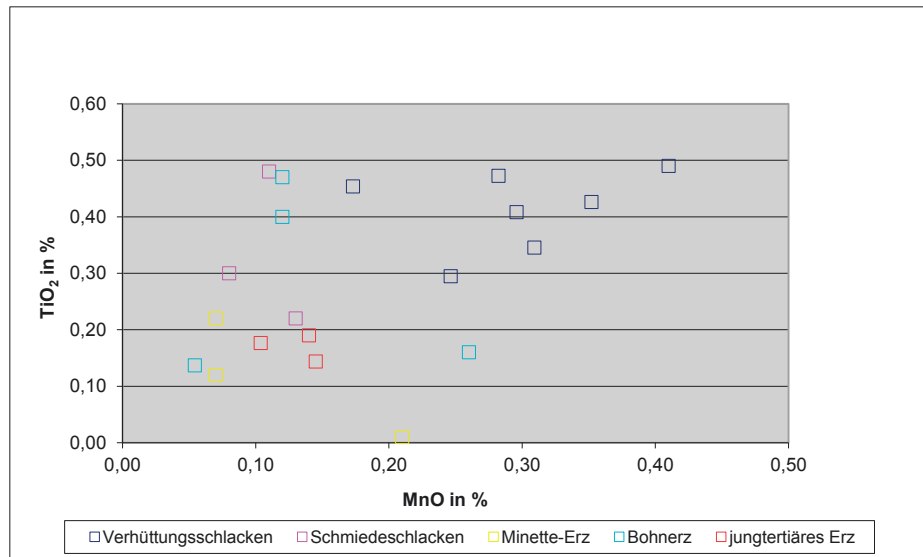
gleichenen Erz- und Schlackenproben aufzeigen können.

Der Auftrag von Magnesiumoxid zu Manganoxid (Abb. 67) zeigt ein deutliches Verhüttungsschlackenfeld, das durch Anreicherung aus den Sekundärerzen entstanden sein kann. Auch der Auftrag von Rutil zu Manganoxid (Abb. 68) zeigt einen ähnlichen Trend mit einer deutlichen Anreicherung in den Verhüttungsschlacken; wiederum kommt als Ausgangserz das Sekundärerz in Frage.

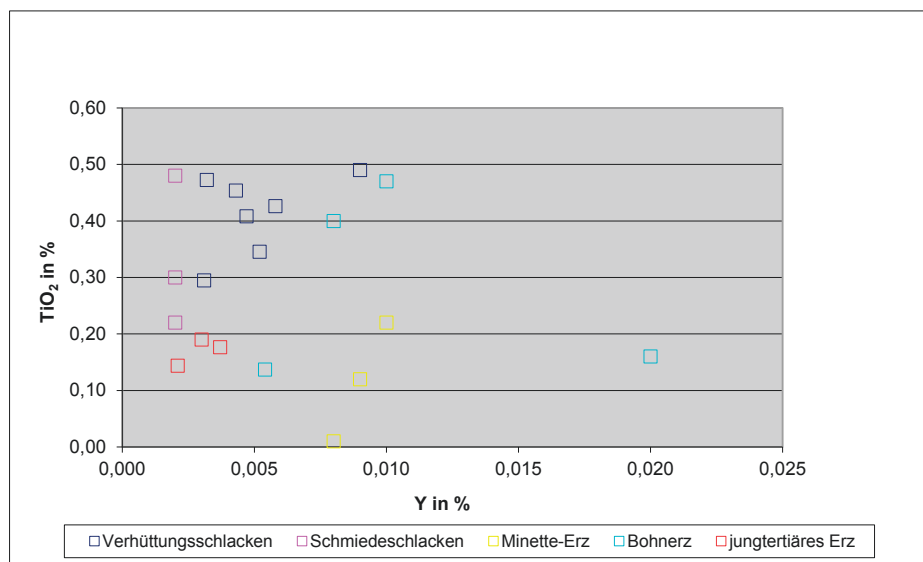
Der Auftrag von Rutil zu Yttrium (Abb. 69) ergibt eine sehr klare Gruppierung fast aller unterschiedenen Probetypen. Die Sekundärerze bilden wieder ein Feld, zu dem das mit einem Anreicherungsfaktor versehene Verhüttungsschlackenfeld passt. Links daneben liegen die Kalottenschlacken. Die Bohnerze und besonders die Sumpferze zeigen andere Verteilungsmuster.

Mit dem Auftrag von Yttrium gegen Manganoxid (Abb. 70) lassen sich wiederum Anreicherungen in

68 Korrelation von Rutil (TiO_2) gegen Manganoxid (MnO) in ausgewählten Proben.



69 Korrelation von Rutil (TiO_2) gegen Yttrium (Y) in ausgewählten Proben.



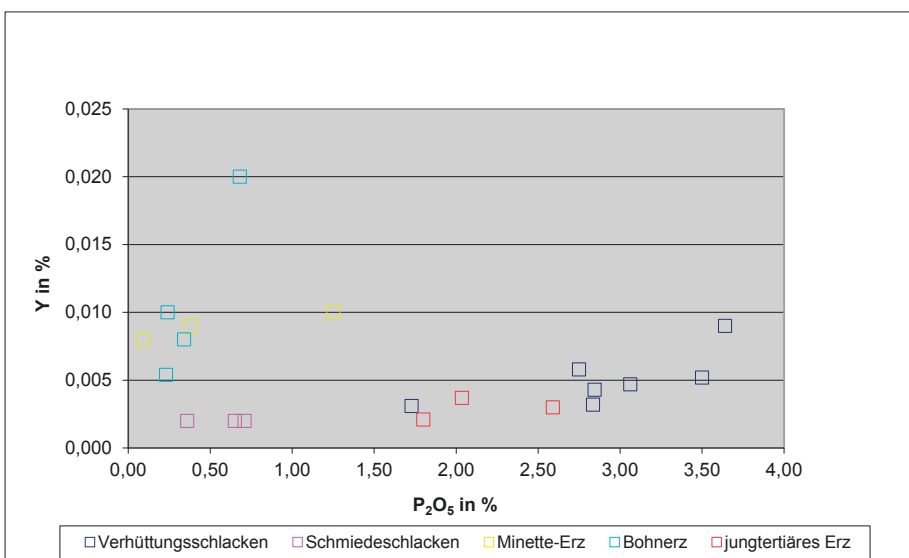
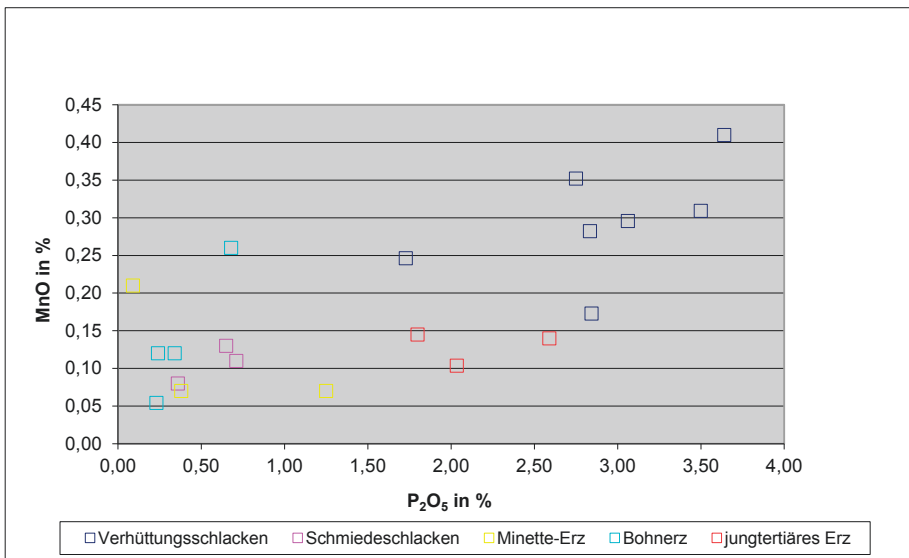
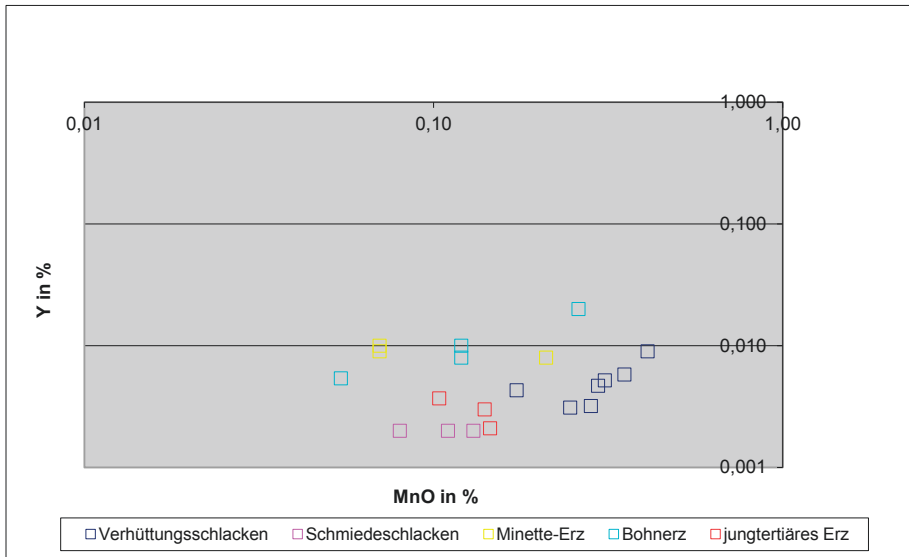
den Verhüttungsschlacken nachweisen, die auf die Sekundärerze als Basis zurückgeführt werden können. Eventuell lässt sich auch ein Zusammenhang zu den Kalottenschlacken am Titelberg herauslesen, in denen die Gehalte als Folge weit fortgeschrittener Verarbeitungsschritte stark angereichert sein können. Die anderen Erze bilden eigene Felder aus.

Manche Elemente wie Phosphor verhalten sich ambivalent, das heißt ein großer Teil geht in die Schlacke, der Rest kann mit Metall eingebaut werden. Da Phosphor eine Versprödung des Metalls verursacht und die Aufkohlungsneigung stark herabsetzt, wird er in der Regel bei der Verhüttung nicht freiwillig zugesetzt, ganz im Gegenteil wird sogar versucht werden, möglichst viel desselben in der Schlacke zu binden. Wenn also viel Phosphor in den Ausgangserzen enthalten ist, so sollte dies auch in den Schlacken der Fall sein.

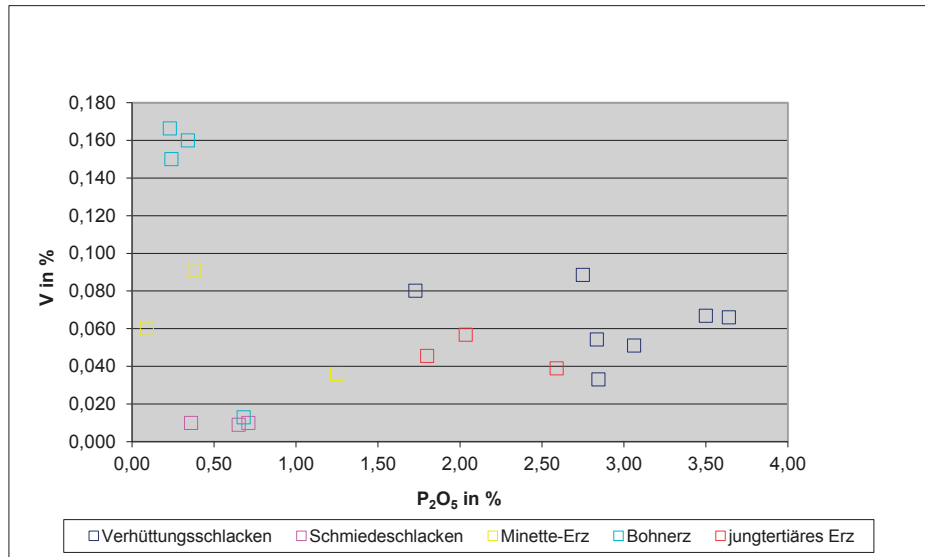
Die Aufträge von Manganoxid, Yttrium und Vanadium (Abb. 71–73) zu Phosphor zeigen enge Verbindungen

zwischen den Sekundärerzen und den daraus hervorgegangenen Verhüttungsschlacken, wobei außer bei einem Schlackenklotz der Phosphor jeweils in den Schlacken stark angereichert wurde. Bei dem Klotz wurde vermutlich viel Phosphor ins gebildete Metall abgegeben, weshalb sich hier keine Anreicherung in der Schlacke ergeben hat. Daher passt auch diese Probe gut zu den Sekundärerzen. Die Verarbeitungsschlacken und die anderen Erze liegen jeweils in weiter entfernten Feldern.

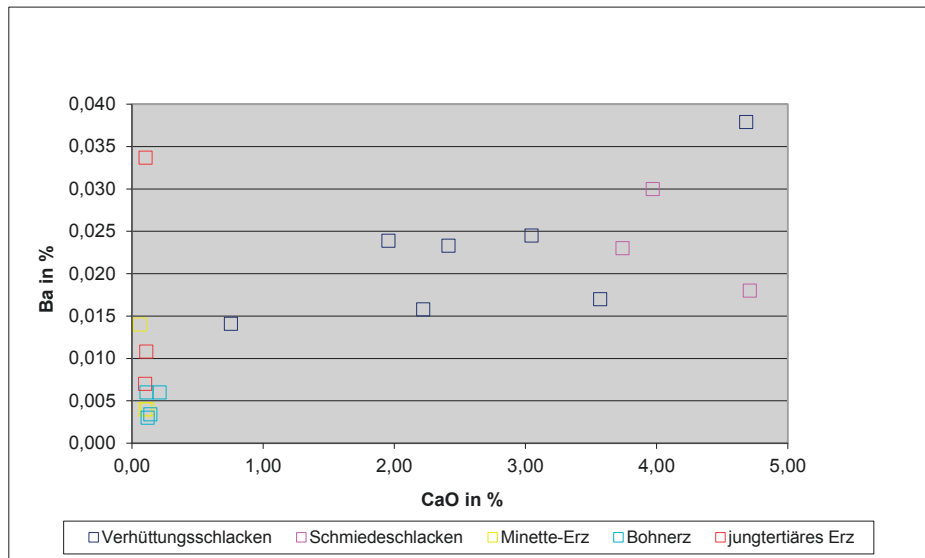
Kalzium tritt in den Erzen so gut wie nicht in Erscheinung, ist aber in allen Schlacken mehr oder weniger reichlich vertreten. Dies spricht für Zuschläge während der Verhüttung und auch bei den Verarbeitungsschlacken. Mit dem Auftrag von Ba gegen CaO und Sr gegen CaO (Abb. 74–75) lässt sich dies veranschaulichen. Die Schlackenzusammensetzungen nehmen keinen Bezug auf die Barium, Strontium und Kalziumwerte der Erze. Es muss sich also um Kalkzuschläge handeln. Mit dem



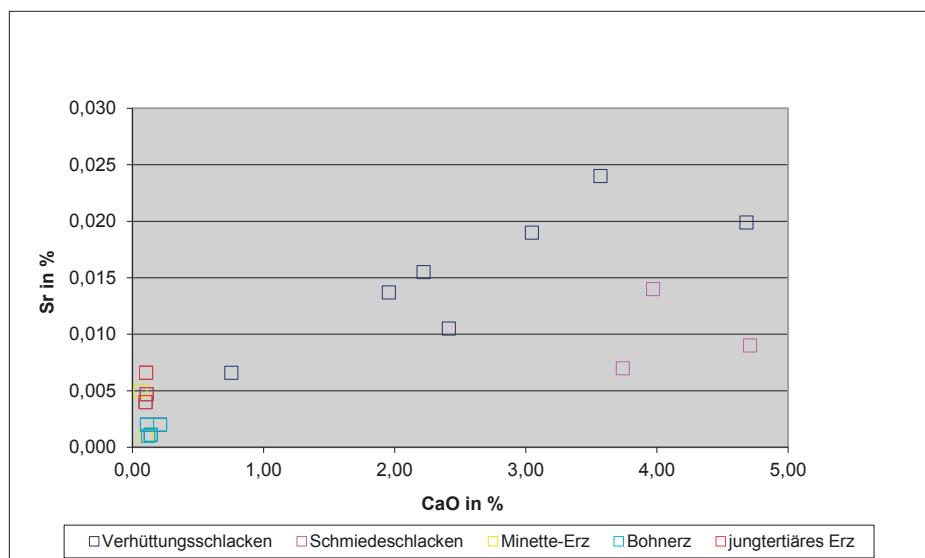
73 Korrelation von Vanadium (V) gegen Phosphorpentoxid (P_2O_5) in ausgewählten Proben.

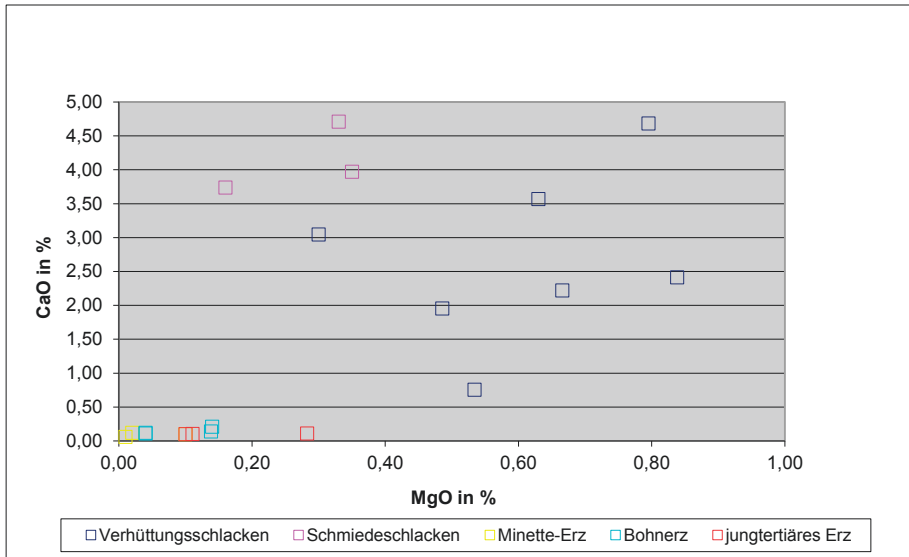


74 Korrelation von Barium (Ba) gegen Kalziumoxid (CaO) in ausgewählten Proben.

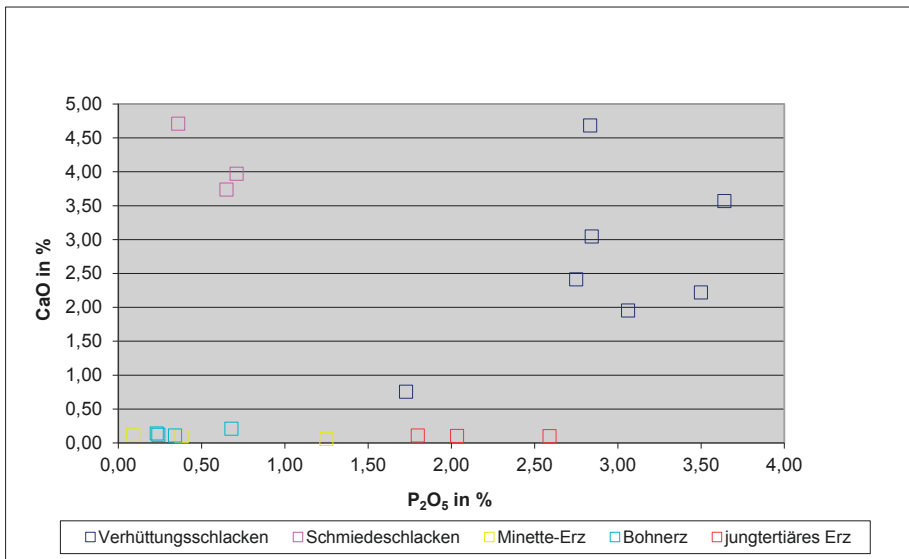


75 Korrelation von Strontium (Sr) gegen Kalziumoxid (CaO) in ausgewählten Proben.





76 Korrelation von Kalziumoxid (CaO) gegen Magnesiumoxid (MgO) in ausgewählten Proben.



77 Korrelation von Kalziumoxid (CaO) gegen Phosphorpentoxid (P₂O₅) in ausgewählten Proben.

leicht abweichenden Verteilungsmuster von Strontium und Kalziumoxid deutet sich darüber hinaus an, dass die Kalkzuschläge von unterschiedlichen Rohstoffquellen stammen. Dies lässt sich auch aus dem Auftrag von Kalziumoxid gegen Magnesiumoxid ablesen (Abb. 76).

Der Zuschlag von Kalzium könnte zur Abfuhr von Phosphor bei der Schlackebildung eingesetzt worden sein. Das bereits bei den verschiedenen Korrelationen mit Phosphor aufgefallene Schlackenklutzfragment fällt auch bei der Korrelierung von CaO gegen P₂O₅ aus dem Rahmen. Eine Phosphoranreicherung in der Schlacke unterblieb in diesem Fall vermutlich wegen mangelnder Kalkzugabe (Abb. 77).

Die Untersuchungen der archäometallurgischen Relikte (Schlacken und Metalle) vom Titelberg selbst haben gezeigt, dass sich anhand der Hinterlassenschaften innerhalb der Siedlung ein breites Spektrum von Betätigungen rund um die Verarbeitung von Eisen (inklusive aufgekohltem Stahl) nachweisen lässt. Die

Schlacken gehören alle zum Typ der kalottenförmigen Schlacken, die in offenen Schmiedeeisen bei Metallverarbeitungsprozessen entstanden sind. Der weitgehenden äußeren Übereinstimmung des Probenmaterials vom Titelberg steht ein sehr variabler innerer Formenschatz gegenüber. Die Variabilität erklärt sich zwanglos aus stark variierenden Bedingungen während der Ausübung der unterschiedlichsten Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Verarbeitung von Weicheisen und aufgekohltem Stahl.

Bei einer Probe wurden Hinweise auf sprunghaft veränderte Redoxbedingungen und sekundäre Oxidationserscheinungen festgestellt, die auf variable Luftzufuhr etwa zur Regulierung des Essefeuers zurückgeführt werden. Punktuell gab es aber immer wieder auch Bereiche stark reduzierender Bedingungen, so beispielsweise bei Holzkohleeinschlüssen an denen neu gebildete Metallsäume nachweisbar sind. Dass diesem Phänomen auch praktische Bedeutung zukam,

ist unwahrscheinlich, an eine systematische Metallproduktion ist sicher nicht zu denken.

Zur Rekonstruktion der ausgeführten Tätigkeiten wurde der Versuch unternommen, als indirektes Beweismittel die bei der Bearbeitung von Metalloberflächen abgeplatzten Verzunderungen (Hammerschläge) heranzuziehen, da sie jeweils einen Teil der Oberflächen nachzeichnen, von denen sie abgeplatzt sind. Zwar löst sich der Zunder allmählich in der noch flüssigen Schlacke auf, so dass seine ursprüngliche Form immer stärker verschwimmt, je länger die Schmelze flüssig bleibt. Allen Schwierigkeiten zum Trotz lassen sich aber meist Einzelbeobachtungen anführen, die durchaus Hinweise auf Tätigkeitsfelder liefern. Kontrollmöglichkeiten bestehen zudem in der direkten Betrachtung von Metallresten, die bei der Bearbeitung ebenfalls gelegentlich in die Schlacke mit eingetragen werden können.

Für den Titelberg können mehrere Tätigkeitsfelder angenommen werden. Einerseits gibt es gelegentlich Verzunderungen mit unregelmäßigen Formen, hierzu zählen auch die blumenkohlformigen Eisenoxidansammlungen, die produktionsnahen Verarbeitungsschritten an wenig verformten Luppen zugeschrieben werden. In der Literatur findet sich hierfür auch der Begriff des Luppenausheizens, das also vermutlich auf offenen Essen und nicht in sogenannten Ausheizöfen, deren Existenz uns nicht bekannt ist, praktiziert wurde⁸⁵. Es wurden also gelegentlich rohe Luppen auf dem Titelberg verarbeitet, die vielleicht von nahe gelegenen Produktionszentren stammen. Dazu passend fand sich als Beleg auch fraktionierter roher Eisenschwamm mit primärer Produktionsschlacke und anhaftender Verarbeitungsschlacke.

Hauptsächlich dürften aber Aktivitäten weiter fortgeschrittener Metallverarbeitung betrieben worden sein, wie die vielen scharfkantigen Hammerschläge nahelegen. Dazu passend kann ein Metallrest angeführt werden, der zwar stark korrodiert ist, von seiner Korngröße und regelhaften Kornstruktur sowie seiner ange deuteten Schichtung aber einen sehr reifen Eindruck weit fortgeschrittener Verarbeitung erweckt.

Völlig unerwartet konnten noch Hinweise auf einen weiteren Tätigkeitsbereich erbracht werden, bei dem es aber noch nicht ganz klar ist, um was es sich letztendlich handelt. Es herrscht noch Diskussionsbedarf hinsichtlich der kugeligen Metalleinschlüsse in der weitgehend glasig erstarrten Kalotte L-1/3a. Die Kalottenform der Schlacke impliziert als Entstehungs ort eine offene Schmiedeesse. Bei den Einschlüssen handelt es sich wie bereits dargelegt mehrheitlich um Eisen-Kohlenstofflegierungen in Form von nicht schmiedbarem untereutektischem Roheisen⁸⁶. Es gibt

aber auch kohlenstofffreie ferritische Kugeln. Die kugelige Form der Einschlüsse belegt, dass das Metall einen vollständig flüssigen Aggregatzustand durchlaufen hat. Bei einfachen Schmiedetätigkeiten ist dies nicht der Fall. Unwahrscheinlich erscheint, dass die Verflüssigung als Folge übermäßiger Kohlenstoffaufnahme von Metall innerhalb der Schlacke erfolgt ist. Vielmehr scheinen die Metalltropfen von einem bereits hoch aufgekokhten Ausgangsmaterial zu stammen, wie es gelegentlich partiell an Rennfeuerluppen beobachtet werden kann⁸⁷.

Wird eine partiell überkohlte Lupe erhitzt, so besteht die Möglichkeit, dass die kohlenstoffreichsten Partien aufgrund ihres gegenüber dem übrigen Metall geringeren Schmelzpunktes verflüssigt werden und abtropfen. Bei geschickter Prozessführung unter Zufuhr von sehr viel Sauerstoff ist es sogar möglich, Kohlenstoffanteile aus der Legierung so zu verbrennen, dass ein mechanisch verformbares Produkt resultiert. Diesen Vorgang nennt man Frischen. Der Frischvorgang kann aber nur befriedigend verlaufen, wenn das gefrischte Metall mit seinem deutlich höheren Schmelzpunkt möglichst lange flüssig bleibt. Dies erfordert Arbeitstemperaturen von mehr als 1500°C und einen geschlossenen Behälter in dem das Material verflüssigt wird. Eine Ferritkugel, die in der Glasmatrix gefunden wurde, könnte diesen Temperaturbereich zwar durchlaufen haben, doch die vielen hoch aufgekokhten Kugeln zeigen, dass diese Technik der vollständigen Entkohlung noch nicht beherrscht wurde, allenfalls partiell. Kleinmaßstäblicher Metallguss lässt sich aus dem Befund wegen der Heterogenität der Metallperlen nicht ableiten, wäre aber bei einer systematischen Weiterentwicklung der Technik nicht unmöglich. Ein ähnlicher Fund, bei dem die letzte Deutung ebenfalls noch offen bleibt, liegt aus dem römischen *vicus* in Walheim, Baden-Württemberg vor⁸⁸.

85 Vgl. GANZELEWSKI 2000, bes. 62.

86 STRAUBE 1996, 104f.

87 STÖLLNER u. a. 2009, 156 (Gassmann/Yalçin).

88 GASSMANN 2004a, bes. 534.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Quellsituation und Methodenwahl

Die Erforschung alter Rohstoffgewinnung und ihrer Abbauspuren im Gelände gehört zu den schwierigsten und komplexesten Aspekten montanarchäologischer Forschung. Eine Reihe grundsätzlicher inhaltlicher und methodischer Probleme kommen dabei zum Tragen.

Die Abbaureviere liegen oft in schwer zugänglichem, unübersichtlichem Gelände. Hinzu kommt die große und vorab einer Detailvermessung kaum kategorisierbare Formenvielfalt der Abbauspuren und die Tatsache, dass sie über riesige Flächen verteilt sein können. So umfassen allein die Tagebaue auf dem Lumbierg auf der Hochfläche südwestlich von Clemency eine Gesamtfläche von über 11 ha. Ein detaillierter Einblick in ihren Aufbau oder gar ihre Vermessung wird durch dichten Bewuchs, starke Hangneigung in den Randbereichen und Stauwasser in den Hohlformen erheblich erschwert und steht mit den herkömmlichen Mitteln terrestrischer Vermessung in keinem sinnvollen Verhältnis zum notwendigen Aufwand. Die Vielzahl der Abbau- und Gewinnungsspuren, Pingen verschiedener Größen, Tagebaue, aber auch Staudämme und Wasserkanäle zur Erzwäsche weisen auf eine wiederholte Ausbeutung der Lagerstätten hin, deren einzelne Phasen sich vorab näherer Untersuchungen aber nicht datieren lassen. Die Überprägung der Landschaft durch den neuzeitlichen, zuletzt maschinellen Abbau hat im Südwesten Luxemburgs zu einer beispiellosen Umgestaltung und Veränderung ganzer Landstriche geführt. Die großflächigen Tagebaue in der Minetteformation im Bereich des Juratraufs seien hierbei noch einmal hervorgehoben. Sie führen bei dem als Zeugenberg ins Vorland hinausragenden Titelberg zu randparallelen Rissbildungen und letztlich zu einem sukzessiven Auseinanderbrechen und Abrutschen gerade der Randbereiche dieses kulturgeschichtlich höchst bedeutsamen Plateaus am Rande des Differdinger Beckens⁸⁹.

Ohne Übertreibung kann man die Untersuchungsregion als eine der am stärksten überprägten Montanlandschaften des Mittelgebirgsraumes ansehen. Es verwundert keineswegs, dass bis zum Beginn der hier geschilderten Projektforschungen keinerlei Spuren lokaler Eisenproduktion greifbar waren, die vor die Periode des

Spätmittelalters zurückreichen. In dem zwischen Pé-tange und Clemency intensiv untersuchten Abbaurevier der größten zusammenhängenden jüngertertiären Sekundärerzzone des Landes blieb nahezu kein Talschluss und keine Kuppenlage von dem hier im 17. Jahrhundert mit dem Bau der Hütte von Lasauvage intensivierten, industriellen Abbau verschont (vgl. Abb. 18).

Zu dieser komplexen Ausgangslage wurde ein methodisch differenziertes Forschungsinstrumentarium entwickelt und für die speziellen Belange der Region adaptiert. Die lagerstättenorientierte Prospektion (vgl. Abb. 9) erwies sich auch in dieser extrem überprägten Landschaft als geeignetes Mittel, Plätze frühen Abbaus bzw. früher Eisenproduktion zu lokalisieren, denn großräumig werden dabei zunächst die topographisch besten Lagen aufgesucht und überprüft. Die lagerstättenorientierten Prospektionen konnten im Südwesten Luxemburgs systematisch über einen Zeitraum von sechs Jahren in wechselnden Jahreszeiten betrieben werden. Damit ist ein erstes, wenn auch noch immer kleines Fenster in die vor- und frühgeschichtliche Nutzung der reichen Lagerstätten geöffnet worden. Neben den Begehungen bot eine aus der Luft durchgeführte Geländevermessung in einem rund 6,5 km² großen Teilbereich zwischen Clemency und Linger einen bisher kaum für möglich gehaltenen detailreichen Einblick in diese alte Kulturlandschaft.

Gerade wenn man über die Lokalisierung von Abbau- und Verhüttungsplätzen hinaus die für eine Produktionstätigkeit notwendige Infrastruktur erfassen will, um letztlich zu den Fragen nach der Organisation früher Eisengewinnung in der Region vordringen zu können, ist es unabdingbar, die gesamte Landschaft in den Blick zu nehmen. Wichtige Aspekte betreffen dabei die Untersuchung von Meilerplätzen zur notwendigen Holzkohleproduktion. Sie geben nicht nur Aufschluss über die angewandten Vermeilerungstechniken und die bevorzugten Holzarten, sondern lassen über entsprechende anthrakologische und archäobotanische Untersuchungen auch Rückschlüsse auf die Vegetationsstruktur, das Waldbild und auf bereits in vorgeschichtlicher Zeit einsetzende Umweltveränderungen infolge anthropogener Einflussnahme zu. Die Erforschung der Wege als Verbindungsachsen für Transport und Kommunikation ist ein weiterer zentraler Aspekt, fragt man nach der Infrastruktur und

dem Erschließungs- und Organisationsgrad innerhalb einer Region. Die Erhaltungsbedingungen lassen in der Regel nur Aussagen zu den jüngeren Epochen zu, Nutzungsdauer und Datierung sind aber auch bei neuzeitlichen Trassenführungen schwer zu greifen. Von höchster Bedeutung ist zuletzt die Einbindung in den Besiedlungskontext, d. h. der Bezug zu Siedlungsplätzen, Begräbnisstätten und sonstigen Relikten anthropogener Aktivitäten. Die Beantwortung der Frage nach der menschlichen Gemeinschaft, die hinter den Produktionstätigkeiten steht, hängt in entscheidendem Maße davon ab, ob es gelingt, die zugehörigen Siedlungen und Gräberfelder zu erfassen und mit den montanarchäologischen Fundplätzen in Beziehung zu setzen.

Für alle diese Belange bietet die noch junge Methode der flugzeugbasierten Geländevermessung zukunftsweisende Perspektiven. Erstmals ist es damit möglich, großflächige Abbauspuren mit hoher Genauigkeit zu erfassen und darüber hinaus mit weiteren obertägig sichtbaren Relikten menschlicher Aktivitäten in Beziehung zu setzen. Damit gelingt ein Einblick in eine derartige Kulturlandschaft, wie man ihn bis vor wenigen Jahren noch nicht für möglich gehalten hätte.

Trotz aller Überprägungen durch neuzeitlichen Bergbau gelang es im Zuge der Geländeprospektionen seit 2001 Fundplätze vor- und frühgeschichtlicher Eisenproduktion im Südwesten Luxemburgs zu lokalisieren. An einigen dieser Plätze wurden im Anschluss Detailuntersuchungen durchgeführt, die es ermöglichen, erste Anhaltspunkte über die Platzstruktur und eine zeitliche Einordnung zu gewinnen. Sie konzentrierten sich auf den Bereich der „Rasenerz“- oder jüngertertiären Sekundärerzzone zwischen Clemency und Linger und widmeten sich Abbau- und Verhüttungsplätzen der Eisenzeit bzw. der gallo-römischen Epoche bis ins Mittelalter. Mit magnetischen Prospektionen auf einer Gesamtfläche von insgesamt 5,2 ha wurden fünf Fundareale untersucht und in der Folge mit Bohrstocksondagen und ¹⁴C-Datierungen näher charakterisiert.

Die ältesten Befunde der späten Eisenzeit bzw. der gallo-römischen Epoche

Für die älteste Besiedlungsphase der Eisenzeit/gallo-römischen Epoche ergaben sich trotz aller Ausschnitthaftigkeit der Untersuchungen wesentliche neue Erkenntnisse. Im Tal des Wessegbaaches gelang 2003 der erste Nachweis zu dieser Frühphase der Eisenproduktion in Luxemburg (L081/L004 sowie L044). Der noch

annähernd *in situ* angetroffene, 13 kg schwere Schlackenklötz (L081) weist auf einen Schlackengrubenofen, der sich deutlich von den mittelalterlichen Rennöfen mit Schlackenabstich abhebt.

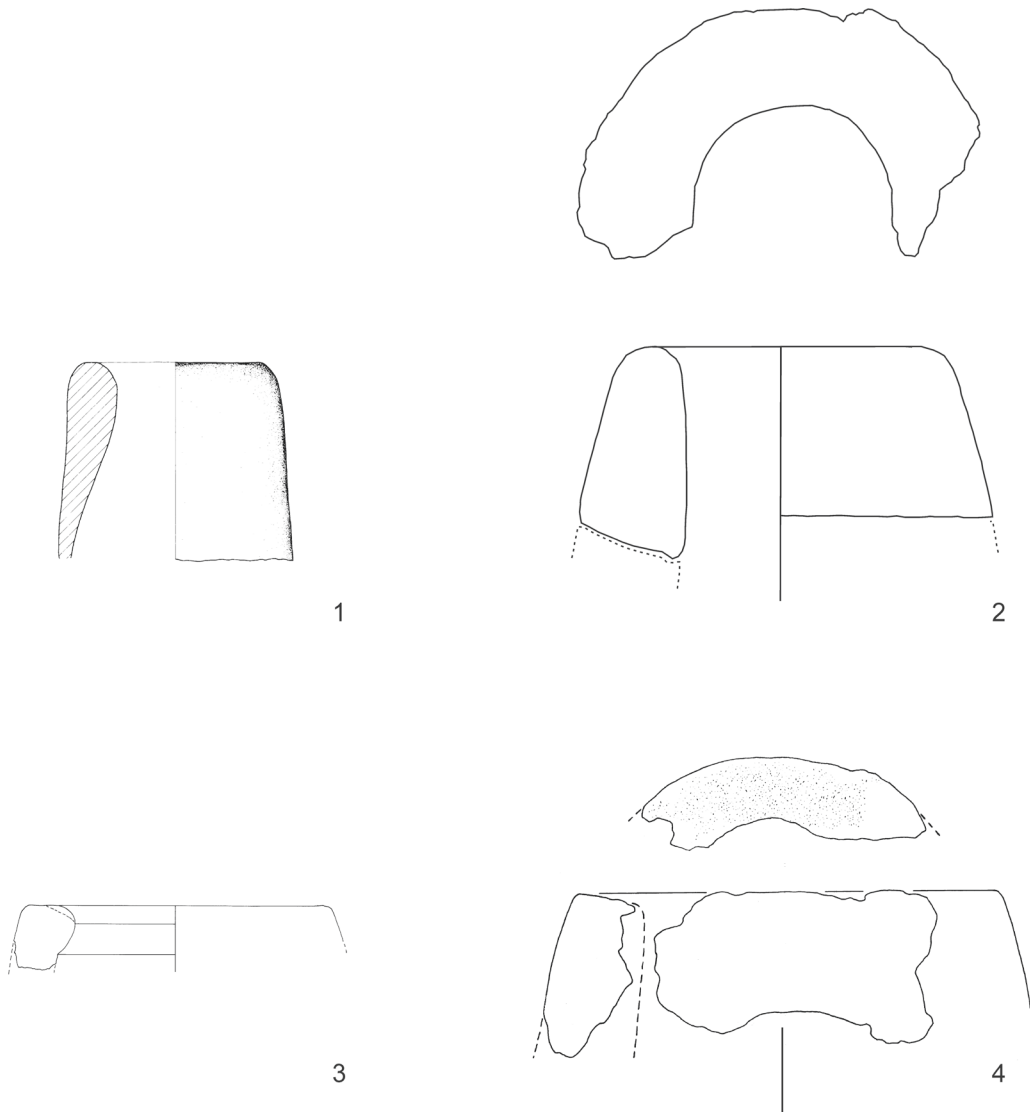
Gegenwärtig lassen sich zu den frühen Verhüttungsstandorten keine zeitgleichen Erzabbau- oder Köhlerplätze identifizieren. Geländespuren beider Befundkategorien sind zwar in großer Zahl vorhanden, doch stecken die Untersuchungen zu den Pingenfeldern wie etwa auf dem Lumbierg noch in den Anfängen. Für die meisten Meilerplattformen an den Hängen, deren regelmäßige Abstände auf eine gezielte Waldnutzung zur Holzkohlegewinnung deuten und zu denen auch ein rezentes Radiokarbondatum vorliegt, wird beim derzeitigen Kenntnisstand ein neuzeitliches Alter angenommen. Erste Anhaltspunkte liegen hingegen für die Lokalisierung möglicher Siedlungsplätze zu den frühen Verhüttungsstandorten vor. Auf der anderen Bachseite unweit des Verhüttungsplatzes L081 könnte bei Fundstelle L136 Keramik vorgeschichtlicher Machart eine derartige Siedlungsstelle anzeigen, die sich auch durch entsprechende Anomalien im magnetischen Messbild andeutet.

Zwischen einer Ausbeutung der Lagerstätten und dem Reichtum der spätlatènezeitlichen bzw. gallo-römischen Eliten im Umfeld des Titelbergs, wurde schon seit der Entdeckung des Prunkgrabes von Clemency und dem nur durch einen Prunksporn belegten Ensemble aus Pétange ein Bezug vermutet.

Im Rahmen der Vorlage des Prunkgrabes von Clemency wurde 1987 ein beigegebener Tontubus grober Machart als Schachtteil („cheminée“) eines Rennfeuerofens angesprochen und damit ein direkter Bezug zur Eisenproduktion hergestellt⁸⁹. Das Stück wurde von uns 2006 einer Autopsie unterzogen (vgl. Abb. 1). Die teils sehr grob gemagerte Tonröhre ist am deutlich verdickten Ende mehrfach bestoßen und lässt durch feine Blasenbildung der Matrix erkennen, dass auf diesen Bereich große Hitze eingewirkt hat. Derartige Hitze Spuren lassen sich hingegen auf der Innenseite nicht verfolgen, wie dies bei dem Schacht eines Verhüttungsofens zu erwarten wäre. Gegen eine Funktionsbestimmung als Gichtöffnung eines Verhüttungsofens spricht auch der zu geringe Innendurchmesser von gerade einmal 7 cm lichter Weite. Damit ist das Stück bereits zu schmal, um beim Ofenbau mit der Hand hindurchfassen zu können. Verbürgte Gichtöffnungen von Rennfeueröfen weisen Mindestdurchmesser von 12–15 cm auf (Abb. 78). Dennoch erscheint eine

89 METZLER 1995/I, 18 Abb. 4 und 31 Abb. 15.

90 METZLER u. a. 1991, 64 mit Fig. 58–59 sowie 103.



78 1 Tontubus von Clemency; 2 Wetzlar-Dalheim C86: Gichtöffnung eines frühkaiserzeitlichen Verhüttungssofens; 3 sog. „Ofenfassung“ aus dem Oppidum von Manching (Inv. Nr.- 1962/278); 4 Joldelund: Gichtöffnung eines spätkaiserzeitlichen Verhüttungssofens. – M. 1:5.

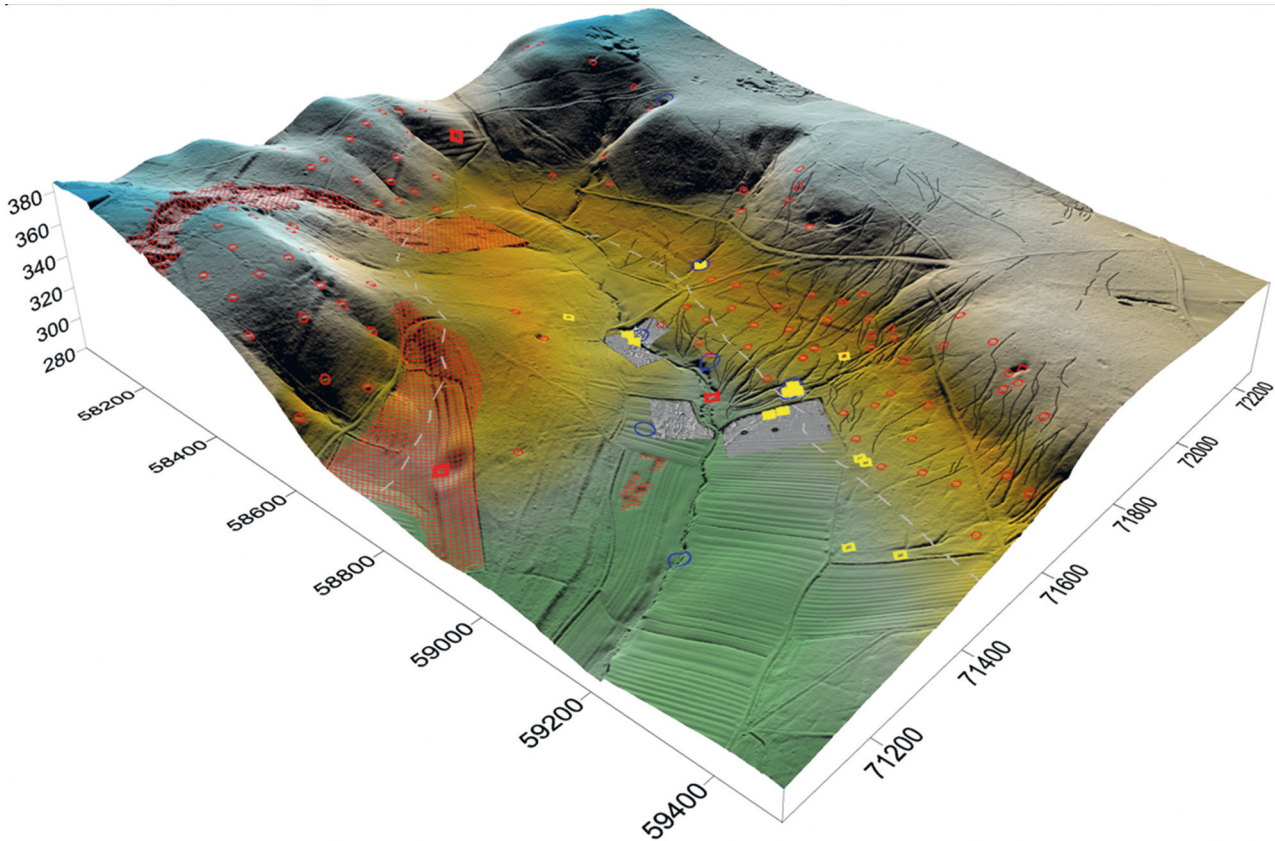
Zugehörigkeit des Stückes zu einem Hochtemperaturprozess plausibel. Eine Interpretation als Düse oder Windtrichter im Rahmen der Metallverarbeitung wäre hierbei durchaus möglich⁹¹.

Mittelalter und Neuzeit

Im Rahmen der Geländeforschungen wurden auch erstmals verschiedene früh- bis hochmittelalterliche Fundstellen der Eisenproduktion erfasst. So wurden im Wessegbaachtal zwei beieinander liegende Schlackenhalden (L041/L042) entdeckt. Ihre gering erhaltene Höhe weist daraufhin, dass sie in jüngerer Zeit zur Wiederverhüttung im Hochofen abgeräumt worden waren. Durch Bohrsondagen ließ sich bei einer der Halden der zugehörige Rennofenstandort lokalisieren. Obwohl bisher keine ¹⁴C-Datierung gelang, kann der

Platz aufgrund der Schlackentypologie dem frühen bis hohen Mittelalter zugewiesen werden. Deutlich lassen sich dabei typologische Unterschiede zu dem zweiten im Untersuchungsgebiet entdeckten frühgeschichtlichen Verhüttungsensemble auf dem Lamerbiereg anzeigen, so dass es in der Zukunft möglich sein wird, die mittelalterlichen Nutzungsphasen der Lagerstätten zeitlich genauer zu differenzieren.

Am Lamerbiereg, südöstlich von Clemency, erbrachten die Prospektionen ein zuvor ebenfalls nicht bekanntes Fundplatzensemble. Oberhalb einer aus zwei Dämmen gebildeten neuzeitlichen Erzwäsche blieb hier offensichtlich ein älteres Produktionsareal größeren Ausmaßes erhalten. Drei Schlackenhalden konnten identifiziert werden (L095/L099/L118), die durch eine magnetische Prospektion in einem nächsten Schritt näher charakterisiert werden könnten.



79 Ergebnisse der montanarchäologischen Geländeforschungen im Wessgebauchtal zwischen Clemency und Linger. – Gelbe gefüllte Rauten: lokalisierte Verhüttungsplätze; gelbe offene Rauten: weitere potentielle Verhüttungsplätze; rote Rauten: Einzelschlacken; blaue Kreise: Erzprobestellen; rote Kreise (Köhler-) Podien; rotes Raster: Erzabbauspuren im Tagebau; graue Strichlinie: Lagerstättengrenze nach geologischer Kartierung.

Zweifellos haben die Informationen, die durch die flugzeuggestützte Geländeaufnahme eines 6,7 km² großen Teilgebiets südlich von Clemency 2006 gewonnen werden konnten, unsere Kenntnis von der Nutzung dieses Raumes durch den Menschen maßgeblich erweitert. Grabhügel, Wegesysteme, Köhlerpodien, Erzabbauspuren und Verhüttungsplätze weisen eine alte Kultur- und Montanlandschaft aus, die ihresgleichen sucht. Die hohe Detailgenauigkeit des Geländereiefs von 20–30 cm in der Höhe und 1 m in der Horizontale ermöglicht eine sehr genaue Erfassung und Typisierung der Geländemerkmale, die im Geländegang zu verifizieren und zu verfeinern sind.

Abb. 79 zeigt beispielhaft den großen montanarchäologischen Erkenntnisgewinn für die Gesamtbeurteilung des Raumes, vergleicht man die Ergebnisse mit den bisher von dort bekannten Fundplätzen. Über hundert Podien zeigen eine systematische Ausbeutung der Ressource Holz entlang der Hänge, die neuzeitlichen Tagebaue haben tiefe Spuren in die Hänge geschnitten. Dennoch blieben in den Unter- und Mittelhanglagen Spuren vormittelalterlicher und mittelalterlicher Verhüttungstätigkeit erhalten.

Die genauere Typisierung der großen Abbauspuren wie Pingenfelder, Tagebaue und Erzwaschanlagen lässt den Ruf nach einer Aufarbeitung der historischen Quellen zum spätmittelalterlichen und neuzeitlichen Montanwesen lauter werden. Ist das Schrifttum zur Eisenproduktion ab dem späten 19. Jahrhundert kaum überschaubar, so steckt in der systematischen Auswertung älterer Archivalien noch ein erhebliches Potential. Nur einige historische Arbeiten reichen bisher in die Zeit vor 1840 zurück⁹². Im Untersuchungsgebiet dürfte es in vielen Fällen möglich sein, archäologischen Befund und schriftliche Quellen miteinander zu konfrontieren und teilweise zur Deckung zu bringen⁹³.

91 Wenngleich die Tonröhre als Gichtöffnung eines Rennofens zu streichen ist, so sei auf Schlackenfunde aus dem Umfangsgraben der Grabanlage hingewiesen, deren Autopsie aber bisher nicht vorgenommen werden konnte.

92 WAGNER 1921; STEFFES/STEFFES 1965; KIEFFER 1989; dies. 1997; ZIMMERMANN 2000; ders. 2001a.

93 Ein Beispiel aus dem 19. Jahrhundert wären die Beschreibungen der Mine am Herschtberg durch Ch. Clément, (Clément 1864, 114ff.), die sich mit den Tagebauspuren der Fundpunkte L052–53 decken dürften. Vgl. auch Prémorel 1855 für die südlich anschließenden Erzreviere.

Gerade die Datierung der Abbauspuren bedarf dabei weiterer Untersuchungen. Die großen Tagebaue dürften überwiegend mit der Deckung des Erzbedarfs des um 1625 in Lasauvage in Betrieb genommenen Hochofens zusammenhängen, der 1841 noch um einen zweiten Hochofen ergänzt wurde. Unter den Pingefeldern auf der Hochfläche von Clemency dürften sich jedoch ältere Abbauspuren verbergen. Darauf weisen die morphologisch deutlich klassifizierbaren Pingentypen bereits hin. Beim gegenwärtigen Forschungsstand muss eine Verknüpfung mit den erfassten vor- und frühgeschichtlichen Verhüttungsplätzen noch eine Hypothese bleiben.

8 Literaturverzeichnis

BIELENIN 1983

K. Bielenin, Der Rennfeuerofen mit eingetieftem Herd und seine Formen in Polen. *Offa* 40, 1983, 47–61.

BIELENIN 1992

K. Bielenin, Starożytne górnictwo i hutnictwo żelaza w Górach Świętokrzyskich. *Ancient Mining and Iron Smelting in the Gory Świętokrzyskie (Holy Cross Mountains)* (Kielce 1992).

BIELENIN 2003

K. Bielenin, Zwei frühmittelalterliche Schlackenplätze im Burgenland. In: *Die Eisenproduktion im frühen und hohen Mittelalter. Archäologie, Metallurgie, Landesgeschichte. Internat. Kolloquium am 4.–5. November 1994 in Schwäbisch Gmünd. Anhang zu: Abbau und Verhüttung von Eisenerzen im Vorland der mittleren Schwäbischen Alb. Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg 86* (Stuttgart 2003) 189–196.

BRUMLICH/MEYER 2005

M. Brumlich/M. Meyer, Ofenanlagen der vorrömischen Eisenzeit bei Waltersdorf, Landkreis Dahme-Spreewald. Ein Beitrag zur frühen Eisenverhüttung. *Arbeitsber. Bodendenkmalpfl. Brandenburg* 13, 2005, 167–196.

BÜHLMANN 1949

R. Bühlmann, Wirtschaftliche Entwicklung und Bedeutung der Gruben- und Eisenindustrie im Großherzogtum Luxemburg (Luxembourg 1949).

BUTHMANN/ZICKGRAF 2002

N. Buthmann/B. Zickgraf, Töpfer, Glasmacher, Eisenschmelzer. Der geomagnetische Nachweis mittelalterlicher Produktionsprozesse. *HessenArch.* 2002, 175–177.

BUTHMANN/ZICKGRAF 2006

N. Buthmann/B. Zickgraf, Archäologisch-geophysikalische Prospektion in Clemency und Bascharage, Luxemburg im März 2006. Abschlussbericht. Marburg 2006. 10 S., 6 Abb.

CABBOI U. A. 2007

S. Cabboi/Ch. Dunikowski/M. Leroy/P. Merluzzo, Les systèmes de production sidérurgique chez les Celtes du Nord de la France. In: *Milcent 2007*, 35–62.

CLÉMENT 1864

Ch. Clément, Aperçu général de la constitution géologique et de la richesse minérale du Luxembourg. *Etude, Nature, composition et usage des gites ferrifères de la partie méridionale de cette contrée* (Arlon 1864).

COLLETTE 1986

J. Collette, Spuren römischer Eisengewinnung im nahen Titelbergraum. *Kohrspronk* 10, 1986, 237–258.

CSAPLOVICS/WAGENKNECHT 2000

E. Csaplovics/S. Wagenknecht, Geodaten aus Airborne Laserscanning zur Schaffung einer topographischen Datengrundlage für ein raumbezogenes Informationssystem der Nationalparkregion Sächsisch-Böhmische Schweiz. In: T. Blaschke/J. Strobl (Hrsg.), *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung* 12 (Heidelberg 2000) 504–511.

DUHAMEL DU MONCEAU 1761

H. L. Duhamel du Monceau, *Art du Charbonnier ou manière de faire le charbon du bois. Descriptions des Arts et Metiers* (Paris 1761).

EDER U. A. 2004

K. Eder/Th. Geist/R. Würländer, High quality DEMs for glacier monitoring – image matching versus laser scanning. *International archives of Photogrammetry, Remote Sensing and spatial information science XXXV, Part B7*, 2004, 753–758.

GANZELEWSKI 2000

M. Ganzelewski, Archäometallurgische Untersuchungen zur frühen Verhüttung von Raseneisenerzen am Kamberg bei Joldelund, Kreis Nordfriesland. In: *Frühe Eisengewinnung in Joldelund, Kr. Nordfriesland Teil II. Universitätsforsch. Prähist. Arch.* 59 (Bonn 2000) 3–100.

- GASSMANN 1996
G. Gassmann, Neue Forschungen zur keltischen Eisenproduktion in Süddeutschland. Arch. Ausgr. Baden-Württemberg 1996, 94–100.
- GASSMANN 2003
G. Gassmann, Untersuchungsbericht zu den metallurgischen Proben der Eisenproduktion und -verarbeitung vom Titelberg und seiner näheren Umgebung. Manuskript Tübingen 2003.
- GASSMANN U. A. 2005
G. Gassmann/A. Hauptmann/C. Hübner/T. Ruthardt/Ü. Yalçin, Forschungen zur keltischen Eisenerzhüttung in Südwestdeutschland (Stuttgart 2005).
- GASSMANN 2004a
G. Gassmann, Naturwissenschaftliche Untersuchungen der Eisenverarbeitungsrelikte aus dem römischen Vicus von Walheim. In: J. Lauber, K. Kortüm, Walheim I. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte 95/I (Stuttgart 2004) 526–542.
- GASSMANN 2004b
G. Gassmann, „Schmiedeaabfälle – Aspekte ihrer naturwissenschaftlichen Untersuchung. In: W. Meller/Hrsg.), Schmiedehandwerk in Mittelalter und Neuzeit. Beiträge des 6. Kolloquiums zur archäologischen Erforschung des mittelalterlichen Handwerks. Soester Beitr. Arch. 5 (Soest 2004) 71–80.
- GASSMANN 2006
G. Gassmann, Chemische, mineralogische und metallurgische Untersuchungen an Eisenerzen, Schlacken und Metallen unter besonderer Berücksichtigung der „Raseneisenerzvorkommen“ von Clemency. Manuskript Tübingen 2006.
- GASSMANN U. A. 2006
G. Gassmann/M. Rösch/G. Wieland, Das Neuenburger Erzrevier im Nordschwarzwald als Wirtschaftsraum während der Späthallstatt- und Frühlatènezeit. Germania 84, 2006, 273–306.
- GASSMANN 2008
G. Gassmann, Bericht zu den Materialuntersuchungen an archäometallurgischen Proben aus Wetzlar-Dalheim und von weiteren Lokalitäten. Manuskript Tübingen, Dezember 2008.
- GASSMANN/SCHÄFER 2014
G. Gassmann/A. Schäfer, Early Iron Production in Germany. A Short Review. In: B. Cech/Th. Rehren (Hrsg.), Early Iron in Europe. Mongr. Instrumentum 50 (Montagnac 2014) 21–32.
- GEIST 2004
Th. Geist, Digitale Geländemodelle aus flugzeuggestützten Laserscanner-Daten und ihre Anwendung für glaziologische Fragestellungen. Innsbrucker Geographische Gesellschaft, Jahresbericht 2001/2002, 2004, 104–112.
- GEIST U. A. 2006
Th. Geist/B. Höfle/M. Rutzinger/J. Stötter, Using airborne laser scanning data in urban data management – set up of a flexible information system with open-source components. Proceedings Urban Data Management Symposium 2006 (Aalborg 2006). CD-ROM.
- HABEL 2001
H. Habel, Rauchende Wälder Historische Köhlerei und ihre holzwirtschaftliche Bedeutung (Mengersgereuth-Hämmern 2001).
- HAUGER/SITTLER 2005
K. Hauger/B. Sittler, Das Laserscanning im Dienste der Kulturlandschaftsforschung am Beispiel der unter Wald fossilisierten Wölbäcker von Rastatt. In: V. Denzer/J. Hasse/K.-D. Kleefeld (Hrsg.), Kulturlandschaft. Wahrnehmung, Inventarisierung, regionale Beispiele. Fundber. Hessen Beih. 4 (Wiesbaden 2005) 229–235.
- HEINEN 2003
M. Heinen, Eckermast und Kohlenmeiler. Die Ausbeutung unserer Rotbuchenwälder. Regulus. Zeitschr. Naturschutz u. Naturkde. Luxemburg 82/12, 2003, 6–7.
- HESSE 2010
R. Hesse, LiDAR-derived Local Relief Models – a new tool for archaeological prospection. Archaeological Prospection 17, 2010, 67–72.
- HILLEBRECHT 1982
M.-L. Hillebrecht, Die Relikte der Holzwirtschaft als Indikatoren für Waldnutzung und Waldentwicklung. Göttinger Geogr. Abhandl. 79 (Göttingen 1982).
- HÖFLE/RUTZINGER 2011
B. Höfle/M. Rutzinger, Topographic airborne LiDAR in Geomorphology: A technological Perspective. Zeitschr. Geomorphologie 55, suppl. 2, 2011, 1–29.

- HOLSTEN U. A. 1991
H. Holsten/M. Lund/A. Moser/F. Nikulka, Holzkohle-
gewinnung im Experiment. *Experimentelle Arch.*
Bilanz 1991, 1991, 365–391.
- HORSTMANN 1985
D. Horstmann, Das Zustandsschaubild Eisen-Kohlen-
stoff und die Grundlagen der Wärmebehandlung
der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen (Düsseldorf
1985).
- Hoss 1997
H. Hoss, Einsatz des Laserscanner-Verfahrens beim
Aufbau des Digitalen Geländemodells (DGM) in
Baden-Württemberg. *Zeitschr. Photogrammetrie,*
Fernerkundung, Geoinformation 2, 1997, 131–142.
- JOCKENHÖVEL/WILLMS 2005
A. Jockenhövel/Ch. Willms, Das Dietzhölzetal-Projekt.
Archäometallurgische Untersuchungen zur Ge-
schichte und Struktur der mittelalterlichen Eisen-
gewinnung im Lahn-Dill-Gebiet (Hessen). Mün-
stersche Beitr. Ur- u. Frühgesch. Arch. 1 (Rahden/
Westf. 2005).
- JÖNS 1997
H. Jöns, Frühe Eisengewinnung in Joldelund, Kr. Nord-
friesland. Ein Beitrag zur Siedlungs- und Technik-
geschichte Schleswig-Holsteins, Teil 1. Universitäts-
forsch. Prähist. Arch. 40 (Bonn 1997).
- JOHANNSEN 1953
O. Johannsen, Geschichte des Eisens (Düsseldorf
³1953).
- KABOTH 1969
D. Kaboth, Zur Genese der Bohnerze und der Rasen-
eisenerze Luxemburgs. Diss. Univ. Münster 1969.
130 S.
- KEESMANN 1985
I. Keesmann, Chemische und mineralogische Untersu-
chung von Eisenschlacken aus der hallstattzeitlich
Siedlung von Nierderlbach. *Arch. Korrbbl.* 15, 1985,
351–357.
- KEESMANN 1989
I. Keesmann, Chemische und mineralogische Detail-
untersuchungen zur Interpretation eisenreicher
Schlacken. In: R. Pleiner (Hrsg.), *Archaeometallur-
gy of Iron. Symposium Liblice 1987 (Prag 1989)*
17–34.
- KEESMANN/HILGART 1992
I. Keesmann/Th. Hilgart, Chemische und mineralogi-
sche Untersuchung der Schlacken von Manching.
In: F. Meier u. a., *Ergebnisse der Ausgrabungen*
1984–1987 in Manching. Ausgr. Manching 15
(Stuttgart 1992) 391–413.
- KERSCHER 2002
H. Kerscher, Airborne Laserscanning und topographi-
sche Denkmalerfassung in Bayern – Überlegungen
am Beispiel des Schöosbergs von Marxheim. *Arch.*
Jahr Bayern 2002, 2002, 127–130.
- KIEFER 1989
M. Kiefer, La sidérurgie, pilier de la révolution indus-
trielle. In: *Esch-sur-Alzette, du village à la ville in-
dustrielle: art et révolution industrielle au pays de*
la terre rouge: 13 octobre – 5 novembre 1989, Hôtel
de ville d'Esch-sur-Alzette (Esch-sur-Alzette 1989)
9–18.
- KIEFER 1997
M. Kiefer, La sidérurgie au Grand-Duché de Luxem-
bourg: 1840–1960. In: H.-W. Herrmann/P. Wynants
(Hrsg.), *Mutations de la sidérurgie du XVIe siècle à*
*1960. Actes du colloque organisé aux Facultés uni-
versitaires Notre-Dame de la Paix pour la Fondation*
Meuse-Moselle du 11 au 13 septembre 1995 (Namur
1997) 139–170.
- KILLIAN 1994
H. Killian, Holzkohle und Köhlerei. Ein forsthistori-
scher Beitrag zu einem alten Waldgewerbe. In:
H. Ast/K. R. Wernhart (Hrsg.), *Köhlerei in Europa*
und der Karibik: Kulturanthropologische Studien
*basierend auf einem Symposium im Waldbauern-
museum Gutenstein. Wiener Beitr. Zur Ethnologie*
u. Anthropologie 6, 1994, 15–34.
- KRIER U. A. 1986
J. Krier/N. Theis/R. Wagner/N. Folmer, *Carte Archéo-
logique du Grand-Duché de Luxembourg. Feuille 24*
– Differdange. Prospectée par G. Polfer et N. Theis
avec des contriubutions de J. Metzler et R. Weiller
(Luxembourg 1986).
- KRONZ/KEESMANN 2005
A. Kronz/I. Keesmann, *Fayalitische Schmelzsysteme – Ein Beitrag zur vorneuzeitlichen Eisen- und Buntmetalltechnologie im Diethölzetal (Lahn-Dill-Gebiet, Hessen). In: Jockenhövel/Willms 2005, 403–499.*

LEROY 1997

M. Leroy, La sidérurgie en Lorraine avant le haut fourneau. L'utilisation du minerai de fer oolitique en réduction directe Monogr. Centre Recherches Arch. 18 (Paris 1997).

LEROY/PLOQUIN 1994

M. Leroy/A. Ploquin, Approche archéométrique de la proto-industrie du fer: Les conditions de réduction de minerais de fer de Lorraine et la chaîne opératoire dans la sidérurgie antérieure à l'apparition du haut fourneau. Rev. Archéométrie 18, 1994, 53–64.

LIPSDORF 2001

J. Lipsdorf, Köhler über der Kohle. Ausgrabung von Holzkohlemeilern am Tagebau Jänschwalde. In: Ausgrabungen im Niederlausitzer Braunkohlerevier 2000. Arbeitsber. Bodendenkmalpfl. Brandenburg 8 (Calau 2001) 213–223.

LUCIUS 1945

M. Lucius, Die Luxemburger Minetteformation und die jüngeren Eisenerzbildungen unsers Landes. Beitr. Geologie Luxemburg IV (Luxembourg 1945).

LUDEMANN 1999

Th. Ludemann, Brennstoffversorgung im Bergbaurevier Sulzburg. Arch. Nachr. Baden 61/62, 1999, 131–138.

LUDEMANN/NELLE 2002

T. Ludemann/O. Nelle, Die Wälder am Schauinsland und ihre Nutzung durch Bergbau und Köhlerei. Freiburger Forstl. Forsch. 15, 2002.

METZLER 1995

J. Metzler, Das treverische Oppidum auf dem Titelberg (G.-H. Luxemburg). Zur Kontinuität von der spät-keltischen zur frühromischen Zeit in Nord-Gallien. Dossiers Arch. Mus. National Hist. e Art III, 2 Bde. (Luxembourg 1995).

METZLER U. A. 1991

J. Metzler/R. Waringo/R. Bis/N. Metzler-Zens, Clemency et les tombes de l'aristocratie en Gaule Belgique. Dossiers Arch. Mus. National Hist. e Art I. (Luxembourg 1991).

METZLER-ZENS U. A. 1999

N. et J. Metzler-Zens/P. Méniel/R. Bis/C. Gaeng/I. Villemeur, Lamadelaine, une nécropole de l'oppidum du Titelberg. Doss. Arch. Mus. Nat. Hist et Art VI (Luxembourg 1999).

METZLER/GAENG 2008

J. Metzler/C. Gaeng, Sondages dans une nécropole tumulaire à Clemency. Empreintes 1/2008, 38–41.

METZLER/GAENG 2009

J. Metzler/C. Gaeng, Goebange-Nospelt. Une nécropole aristocratique trévire. Dossiers Arch. Mus. Nat. Histoire et d'Art XIII (Luxembourg 2009).

MEYER 1974

L. Meyer, Geschichtliches über den Bergbau und die Eisenindustrie in Differdingen. Kohrspronk 3, 1974, 39–49.

MILCENT 2007

P.-I. Milcent (Hrsg.), L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal. XXVIII^e colloque de l'AFEAF, Toulouse, 20–23 mai 2004. Aquitania Suppl. 14/2 (Bordeaux 2007).

MUELLENBACH 1960

E. Muellenbach, Luxemburgs Eisen- und Stahlindustrie: Ökonomische Bedeutung und aktuelle Probleme. In: Europa in Handel und Wirtschaft (Augsburg 1960) 18–20; 42–44.

MÜLLING 2005

R. Mülling, Schichtgräberfeld und Kohlemeiler. Archäologische Prospektion im Tagebauvorfeld Jänschwalde. Arch. Berlin u. Brandenburg 2005, 85–87.

NELLE/KWASNIOWSKI 1991

O. Nelle/J. Kwasniowski, Untersuchungen an Kohlemeilerplätzen im NSG Eldena (Vorpommern) – Ein Beitrag zur Erforschung der jüngeren Nutzungsgeschichte. Greifswalder Geograph. Arbeiten 23, 1991, 209–225.

NELLE U. A. 2003

O. Nelle/E. Guggenbichler/U. Putz, Eine mittelalterliche Kohlenmeilergrube im Vorderen Bayerischen Wald. Ergebnisse archäologischer, anthrakologischer und bodenkundlicher Untersuchungen. Arch. Korbl. 33, 2003, 457–467.

OVERBECK 2011

M. Overbeck, Zu den Wurzeln der Eisenindustrie in Luxemburg. Der hoch- bis spätmittelalterliche Verhüttungsplatz aus dem Genoerbusch bei Peppange. Mit Beiträgen von D. Dirksen, A. Kronz und Th. Schiermeyer. Münstersche Beitr. Ur- u. Frühgesch. Arch. 5 (Rahden/Westf. 2011).

- PLEINER 2000
R. Pleiner, Iron in archaeology. The European Bloomery Smelters (Prag 2000) 115–130.
- POLFER 2000
M. Polfer, Eisenproduktion und Eisenverarbeitung in Nordgallien und dem Rheinland während der römischen Kaiserzeit. In: M. Feugère/ M. Gustin (Hrsg.), Iron, Blacksmiths and Tools. Ancient European Crafts. Acts of the Instrumentum Conference at Podsreda (Slovenia) in April 1999. Monogr. Instrumentum 12 (Montagnac 2000) 67–87.
- PRÉMOREL 1855
A. de Prémoré, Rapport sur la Minier de Differdange. Soc. Sciences Naturelles Grand-Duché Luxembourg 3, 1855, 192–199.
- RIEZEBOS U. A. 1990
P. A. Riezebos/W. G. H. Z. Ten Kate/ M. De Bruin, Eluvial Derivation of Rasenerz Concretions from the Minette Formation (Luxembourg) ; Evidence Based on Numerical Classification of Geochemical Data. Bull. Service Géologique Luxembourg 15, 1990, 6–35.
- SALAČ 2000
V. Salač, Zur Struktur der latène- und kaiserzeitlichen Eisenproduktion in Böhmen. In: H. Friesinger/K. Pieta/J. Rajtár (Hrsg.), Metallgewinnung und –verarbeitung in der Antike (Schwerpunkt Eisen). Arch. Slovaca Monogr. III (Nitra 2000) 89–108.
- SCHÄFER 2002/2003
A. Schäfer, Produktionsstandort Wetzlar-Dalheim. 2000 Jahre Eisengewinnung am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. Ber. Komm. Arch. Landesforsch. Hessen 7, 2002/2003, 195–207.
- SCHÄFER 2004
A. Schäfer, Antike Eisenproduktion im Umfeld des Oppidums auf dem Titelberg. Musée info. Bull. d'Information Mus. National d'Histoire et d'Art 17, Décembre 2004, 40–41.
- SCHÄFER 2005
A. Schäfer, Wirtschaftsarchäologische Untersuchungen zur frühen Eisenproduktion im Umfeld des Oppidums auf dem Titelberg in Luxemburg. Abschlussbericht 2004. Mit einem Beitrag von G. Gassmann. Manuskript Marburg/Jena 2005. 45 S., 18 Abb., 1 Kartenbeilage.
- SCHÄFER 2007a
A. Schäfer, Montanarchäologische Untersuchungen zur frühen Eisengewinnung in Luxemburg. Abschlussbericht zu den Untersuchungen der Jahre 2005 und 2006. Manuskript Jena 2007. 38 S., 20 Abb.
- SCHÄFER 2007b
A. Schäfer, „Economic Archaeology“ in Luxemburg. A landscape-related approach to early iron production in the hinterland of the Titelberg oppidum. In: P. Crew/ Susan Crew (Hrsg.), Early Ironworking in Europe II. Archaeology, technology and experiment. Abstracts. Second international conference Plas Tan y Bwlch 17th–21st September 2007 (Plas Tan y Bwlch 2007) 80.
- SCHÄFER 2008/2009
A. Schäfer, „Zwischen“ Dünsberg und Waldgirmes. Wirtschaftsarchäologische Untersuchungen an der mittleren Lahn. Ber. Komm. Arch. Landesforsch. Hessen 10, 2008/2009 (2010), 69–90.
- SCHÄFER 2009
A. Schäfer, Frühe Eisenproduktion in der Mittelgebirgszone. Regionale Fallstudien von der Latènezeit bis zum Frühmittelalter zwischen Luxemburg und Bayern. Habilitationsschrift Friedrich-Schiller-Universität Jena 2009.
- SCHAMBÖCK 1998
P. Schamböck, Vorgeschichtliche Holzkohle- und Erzindustrie (Berikon 1998).
- SCHNEIDER 1999
R. Schneider, Vu Goss an Eisen: kein anderer Rohstoff prägte Luxemburgs wirtschaftliche, soziale, kulturelle und politische Entwicklung im 20. Jahrhundert so nachhaltig wie das Eisen. In G. Binsfeld (Hrsg.), Lëtzebuurger Almanach vum Joerhonnert 1900–1999 (Luxembourg 1999) 79–89.
- SCHROTH/ZICKGRAF 2008
B. Schroth/B. Zickgraf, Archäologisch-geophysikalische Prospektion in Clemency, Luxemburg, im November 2007. Abschlussbericht. Wirtschaftsarchäologische Untersuchungen zu den Anfängen der Eisenproduktion in Luxemburg. Unpubl. Bericht, Marburg 2008.
- SCHÜRMAN 1958
E. Schürmann, Die Reduktion des Eisens im Rennfeuer. Stahl und Eisen, 78/19, 1958, 1297–1307

SCHWARZ U. A. 1965/1966

K. Schwarz/H. Tillmann/W. Treibs, Zur spätlatènezeitlichen und mittelalterlichen Eisenerzgewinnung auf der südlichen Frankenalb bei Kelheim. Jahresber. Bayer. Bodendenkmalpfl. 6/7, 1965/1966, 35–66.

SPAZIER 2000

I. Spazier, Das germanische Eisenverhüttungszentrum Wolkenberg in der Niederlausitz/Südbrandenburg mit über 1000 Rennöfen. Arbeits- u. Forschungsber. Sächs. Bodendenkmalpfl. 42, 2000, 317–331.

STEFFES 1946

M. Steffes, Die Luxemburger Eisenindustrie. Wirtschaftsgeschichtliche Abhandlung technischer Prägung in Wort, Bild und Zeichnung (Esch/Alzette 1946).

STEFFES/STEFFES 1965

M. Steffes/ G. Steffes, La sidérurgie luxembourgeoise de l'époque antérieure à 1840 (Luxembourg 1965).

STÖLLNER U. A. 2009

Th. Stöllner/J. Garner/G. Gassmann/A. Kalis/K. Röttger/A. Stobbe/U. Tegtmeier/Ü. Yalçın, Latènezeitliche Eisenwirtschaft im Siegerland: Interdisziplinäre Forschungen zur Wirtschaftsarchäologie. Metalla 16/2, 2009, 103–203,

STRAUBE 1996

H. Straube, Ferrum Noricum und die Stadt auf dem Magdalensberg (Wien/New York 1996).

TRUBEL 1998

E. Trubel, Die letzten Köhler Frankens. Frankenland 50, 1998, 12–37.

VERNET 1992

J. L. Vernet (Hrsg.), Charcoal, palaeoecology and the role of mankind. Colloqu. held at Montpellier, France, 10–13 September 1991. Bull. Soc. Botanique France 139, 1992.

WAGNER 1921

J. Wagner, La sidérurgie luxembourgeoise avant la découverte des gisements de minette (Diekirch 1921).

WURTH 1986

M. Wurth, La crise de la sidérurgie luxembourgeoise dans le contexte européen. In: Vers l'union européenne: 35e anniversaire: mouvement européen du Luxembourg (Luxembourg 1986) 27–37.

ZIMMERNANN 2000

A. Zimmermann, Luxemburger Hüttenwerke im Wandel der Zeit. Beiträge zur Luxemburger Hüttenwerksgeschichte (Luxembourg 2000).

ZIMMERMANN 2001

A. Zimmermann, Bergbau im Luxemburger Minette-Revier (Luxembourg 2001).

9 Visualisierung und Auswertung der LIDAR-Daten von Clemency

Von Ralf Hesse

Geländevermessung mittels Lidar

Die Vermessung der Erdoberfläche mittels LIDAR (Light Detection and Ranging), auch als ALS (Airborne Laser Scanning) bezeichnet, beruht auf der Aussendung eines mit hoher Frequenz gepulsten Lasersignals von einem Scanner an Bord eines Flugzeuges oder Helikopters. Dabei wird der Laserstrahl durch einen schnell rotierenden Spiegel seitlich abgelenkt, so dass in Kombination mit der Vorwärtsbewegung des Flugzeugs eine „zeilenweise“ Abtastung der Landschaft erfolgt. Das von Erdboden, Vegetation oder Gebäuden zurückgestreute Signal wird vom Laserscanner empfangen, und aus der Signallaufzeit kann die Entfernung berechnet werden. Weiterhin werden die Position und Lage des Flugzeugs im Raum durch hochgenaues GPS sowie durch eine Inertialeinheit (IMU) erfasst, um die vom Laserscanner gewonnenen Entfernungsdaten in Bezug zu einem geographischen Koordinatensystem bringen zu können. Somit ist die Erstellung digitaler Oberflächenmodelle (DOM oder Digital Surface Model, DSM) möglich (Wehr & Lohr 1999).

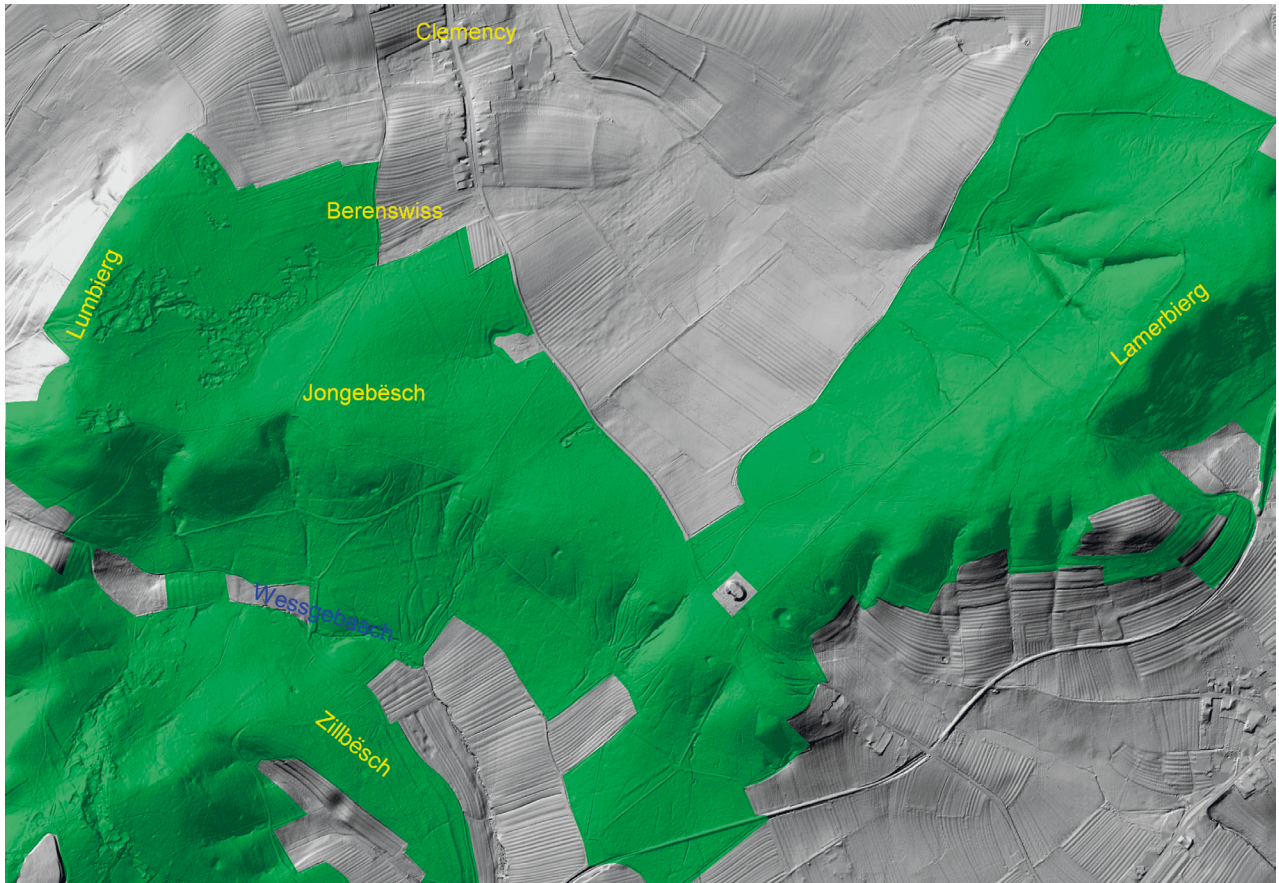
Die so gewonnenen Daten enthalten neben Höhenpunkten an der Erdoberfläche auch Höhenpunkte, welche der Vegetationsdecke zuzuordnen sind. Diese müssen für die Erstellung digitaler Geländemodelle (DGM oder Digital Terrain Model, DTM) entfernt werden. Hierfür wird zunächst die Tatsache genutzt, dass der Laserscanner pro ausgesandten Laserpuls nicht nur die Signallaufzeit eines, sondern zweier (first and last return) oder mehrerer (multiple return) zurückgestreuter Impulse bzw. bei der neuesten Generation von Laserscannern den gesamten zeitlichen Verlauf des zurückgestreuten Signals (full waveform) aufzeichnen (Doneus et al. 2008). Da der Durchmesser des Laserstrahls einige Zentimeter bis Dezimeter beträgt, gelangt auch bei mäßiger Vegetationsbedeckung in der Regel ein Teil des Laserstrahls bis zur Erdoberfläche und wird von dort zurückgestreut. Da die Erdoberfläche weiter vom Scanner entfernt ist als die Vegetationsdecke, beruht die erste Stufe der Vegetationsfilterung darauf, lediglich das letzte zurückgestreute Signal zur Erstellung des DTM zu verwenden. Da auch nach dieser Auswahl noch Höhenpunkte vorhanden sind, die nicht der Erdoberfläche sondern der Vegetation zuzuordnen sind, werden zusätzliche

Filteralgorithmen angewendet. Diese beruhen darauf, dass Höhenpunkte nach bestimmten Kriterien im Vergleich zu benachbarten Höhenpunkten entfernt werden (z.B. Bartels & Wei 2010, Brovelli et al 2004). Im Ergebnis kann aus den so bereinigten Höhendaten ein DTM erstellt werden.

LIDAR-Befliegungen erfolgen in Mitteleuropa in der Regel im zeitigen Frühjahr, da die Laubbäume zu dieser Zeit noch laubfrei sind und dadurch hier eine gute Vegetationsdurchdringung möglich ist. Darüber hinaus sind nach Abschmelzen der winterlichen Schneedecke Unterwuchs und Laub am Boden komprimiert, so dass das DTM die Höhe der tatsächlichen Erdoberfläche bestmöglich wiedergibt. Problematisch bei der LIDAR-Vermessung sind zum einen Schnee und Eis, da diese im Wellenlängenbereich des verwendeten Lasersignals (in der Regel infrarot) absorbieren, also kein Signal zurückstreuen; zum anderen Wasserflächen, da durch die spiegelnde Reflexion des schräg einfallenden Laserstrahls das Signal nicht zurück zum Scanner gelangt. Darüber hinaus sind dichte Nadelwälder (zu geringe Durchdringung der Vegetation durch den Laserstrahl) sowie dichter, niedriger Unterwuchs (Schwierigkeiten der Filteralgorithmen, zwischen Vegetation und Erdoberfläche zu unterscheiden) problematisch.

Datengrundlage im Gebiet Clemency

Ein 6,7 km² großer Ausschnitt des Untersuchungsgebietes in Luxemburg wurde im Frühjahr 2006 durch die Firma ArcTron mittels Airborne Laser Scanning (ALS)/LIDAR aufgenommen. Das mittels LIDAR erfasste Gebiet (Abb. 1) liegt zwischen Clemency und Hautcharage. Die Befliegung erfolgte unmittelbar vor Beginn der Vegetationsperiode, um eine möglichst ungestörte Erfassung der Geländeoberfläche zu gewährleisten. Die Daten wurden durch die Firma ArcTron bereits als vegetationsgefilterte und in ein regelmäßiges Raster überführte Höhendaten zur Verfügung gestellt, so dass keine Rohdatenverarbeitung bzw. Vegetationsfilterung erforderlich war. Darüber hinaus wurde im Rahmen der Befliegung ein digitales Orthophoto des Gebietes erstellt. Die Rasterweite des DSM und des DTM beträgt jeweils ein Meter.



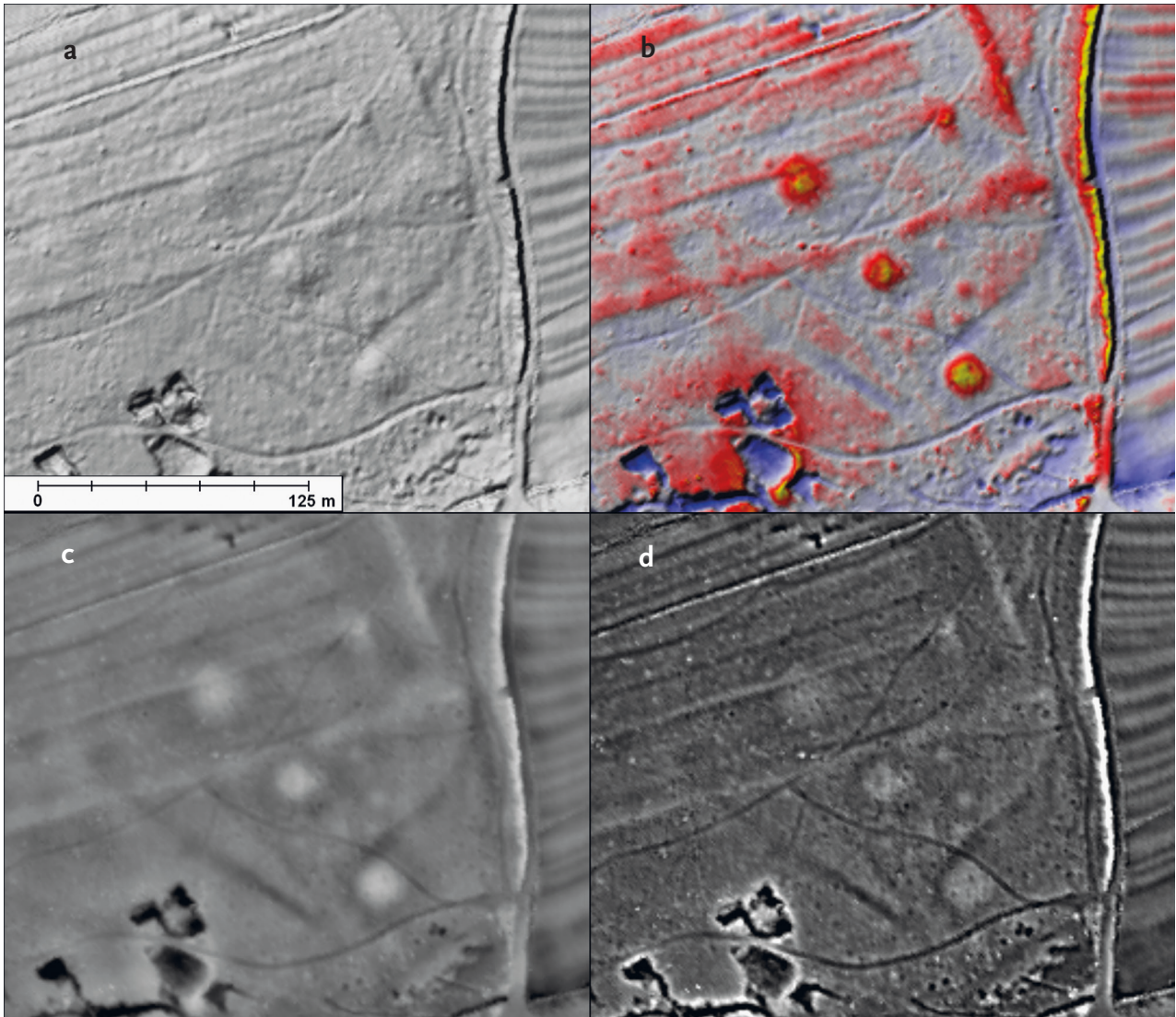
1 Schattiertes Relief des durch die LIDAR-Befliegung erfassten Gebietes südlich von Clemency mit Hervorhebung der Waldflächen.

Datenverarbeitung und Visualisierung

Zum Zeitpunkt der Auswertung der LIDAR-Daten (Anfang 2007) wurde zur Visualisierung derartiger Geländemodelle üblicherweise fast ausschließlich die konventionelle Reliefschummerung verwendet (Abb. 2a und 3a). Dabei wird eine gerichtete Beleuchtung des DTM simuliert, so dass Azimuth und Höhe der Lichtquelle manipuliert werden können (Imhof 1986). Nachteilig bei dieser Visualisierungstechnik ist jedoch, dass insbesondere zur Sichtbarmachung sehr flacher Oberflächenstrukturen ein häufiges experimentelles Verändern der Beleuchtung erforderlich ist. Insbesondere die Sichtbarkeit von linearen Strukturen ist stark vom Azimuth der Beleuchtungsrichtung abhängig. Darüber hinaus kann es bei bestimmten Beleuchtungsrichtungen zu optischen Täuschungen (Reliefinversion) kommen. Aus diesen Punkten ergibt sich neben einem hohen Zeitaufwand das Risiko, relevante Strukturen zu übersehen. Da sich archäologisch relevante Strukturen aufgrund von Erosion oft durch ein flaches Relief auszeichnen, wurde eine neue Visualisierungsmethode entwickelt, die darauf abzielt, geringe, kleinräumige Höhenunterschiede zu extrahieren. Die im folgenden kurz skizzierte und im Zusammenhang mit der Aus-

wertung der LIDAR-Daten von Clemency entwickelte Methode wird ausführlicher in Hesse (2010) beschrieben und wird seit dem Jahr 2009 als eine von mehreren Visualisierungsmethoden in der flächendeckenden archäologischen Prospektion des Landes Baden-Württemberg eingesetzt (Hesse 2013).

In einem Arbeitsschritt wird das vorhandene DTM durch einen Tiefpassfilter mit einer Filterweite von 25 m geglättet. Dieses geglättete DTM wird vom ursprünglichen DTM subtrahiert. Die resultierende Differenzkarte enthält positive Werte für lokale Erhebungen und negative Werte für lokale Vertiefungen. Allerdings ist sie für metrische Anwendungen nicht geeignet, da die lokale Höhendifferenz mit zunehmender Ausdehnung immer stärker unterschätzt wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die lokalen Höhen-„Anomalien“ durch den Tiefpassfilter nur geglättet, aber nicht vollständig entfernt wurden. Daher werden im Anschluss die DTM-Koordinaten und -Höhen an denjenigen Stellen extrahiert, an denen die Werte der Differenzkarte Null sind, d.h. dort, wo sich weder positive noch negative „Anomalien“ befinden. Für alle zwischen diesen Punkten liegenden Koordinaten werden die Höhenwerte interpoliert, so dass im resultierenden „bereinigten“ Höhenmodell die kleinräumigen Höhen-„Anomalien“ ausgeschnit-



2 Vergleich verschiedener LIDAR-Visualisierungsmethoden am Beispiel der Grabhügelgruppe Berenswis: (a) schattiertes Relief, (b) farbkodiertes LRM über schattiertem Relief, (c) LD, (d) MSII.

ten sind. Wird nun eine Differenzkarte („Feinrelief“, Lokales Reliefmodell oder Local Relief Model, LRM) zwischen dem ursprünglichen DTM und dem um Höhen-„Anomalien“ bereinigten DTM erstellt, gibt diese die relativen Höhen kleinräumiger Erhebungen und Vertiefungen deutlich besser wieder als die aus DTM und geglättetem DTM erstellte Differenzkarte. In einen letzten Arbeitsschritt kann die Lesbarkeit des Lokalen Reliefmodells mittels Farbkodierung (gute intuitive Lesbarkeit z.B. mit blau für negative und rot/gelb für positive Werte) weiter verbessert werden (Abb. 2b und 3b).

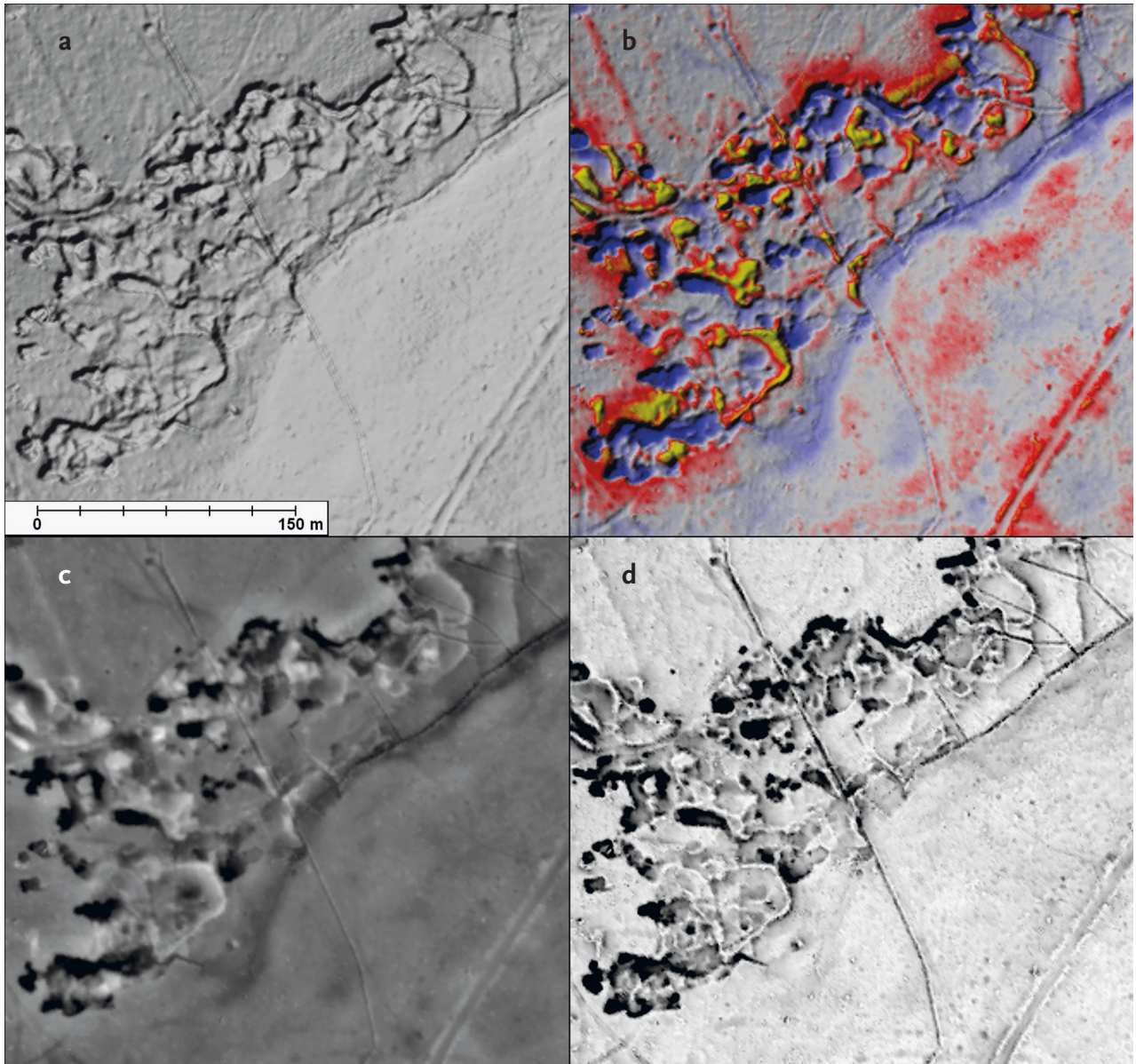
Neuere Visualisierungsmethoden

Seit dem Abschluss der ersten Auswertung der LIDAR-Daten im Jahr 2007 wurden verschiedene neue Visualisierungsmethoden entwickelt und publiziert bzw. für

die Visualisierung von hochauflösenden Geländemodellen adaptiert. Hier sind insbesondere Skyview Factor (Zakšek et al., 2011), Multi-Scale Invariant Integrals (Mara et al., 2010) und Local Dominance zu nennen.

Skyview Factor (SVF) basiert auf der Simulation einer diffusen Beleuchtung durch eine auf dem jeweiligen Pixel zentrierte, gleichmäßig helle Hemisphäre (Zakšek et al., 2011). Daher werden in der SVF-Visualisierung (Abb. 3d) diejenigen Geländebestandteile, deren Beleuchtung durch umliegende Erhebungen in einem gegebenen Radius abgemindert wird (z.B. Pingen oder Hohlwege), dunkler dargestellt als exponiertere Geländebestandteile (Erhebungen oder Ebenen).

Multi-Scale Invariant Integrals (MSII) ist ein multi-skaliger Ansatz, bei dem für jeden Pixel ermittelt wird, wie groß der Volumenanteil einer auf den Pixel zentrierten Sphäre (deren Durchmesser iterativ verändert wird) ist, der ober- oder unterhalb der Geländeober-



3 Vergleich verschiedener LIDAR-Visualisierungsmethoden am Beispiel der Abbauspuren auf dem Lumbierg: (a) schattiertes Relief, (b) farbkodiertes LRM über schattiertem Relief, (c) LD, (d) SVF.

fläche liegt. Durch die Ermittlung dieses Anteils auf mehreren Skalen (verschiedene Sphären-Durchmesser) ergibt sich für jeden Pixel eine Anzahl von Werten, die jeweils als n-dimensionale Vektoren aufgefasst werden können. Durch Berechnung des Abstandes dieses Vektors von einem gegebenen Referenzvektor (beispielsweise vom Koordinatenursprung in diesem n-dimensionalen Raum) können diese Vektoren auf jeweils einen Wert reduziert und das Ergebnis als Graustufenbild dargestellt werden (Mara et al., 2010). Im Ergebnis werden in der MSII-Visualisierung (Abb. 2d) diejenigen Geländebestandteile dunkler dargestellt, deren MSII-Vektoren dem Referenzvektor näher liegen (im Beispiel ist das der Koordinatenursprung).

Local Dominance (LD) basiert auf der Ermittlung der „lokalen Dominanz“ des jeweiligen Pixels, wobei

diese lokale Dominanz hier als Mittelwert des Winkels verstanden wird, unter dem ein virtueller Beobachter auf das Gelände in einem gegebenen Radius hinabschaut. In der LD-Visualisierung (Abb. 2c und 3c) erscheinen daher relative Erhebungen heller, während Vertiefungen dunkler wiedergegeben werden.

Interpretation

Insbesondere die Möglichkeiten, das Relief der Erdoberfläche in hoher räumlicher Auflösung und weitestgehend unabhängig von der rezenten Vegetationsbedeckung zu erfassen und auch kleine Höhenunterschiede erkennen und interpretieren zu können, machen die LIDAR-basierte Prospektion und Kartierung zu einem

sehr produktiven Werkzeug für die archäologische Forschung. Neben der Erfassung von Fundplätzen tragen die LIDAR-Daten auch zum Verständnis ihrer Lage und räumlichen Beziehungen bei.

Die systematische Auswertung des schattierten Reliefs sowie der LRM-Visualisierung im Jahr 2007 führte zu einer deutlichen Erweiterung des (montan-)archäologischen Verständnisses der untersuchten Landschaft. Neben vielfältigen Spuren von Erzabbau, Aufbereitung und Verhüttung (Tagebaue, Pingen, Erzwäschen, Schlackehalden) konnten Meilerpodien, Hohlwege, bislang unbekannte Grabhügel sowie verschiedene Wälle und eine Wall-Graben-Anlage erfasst werden. Viele der in geeigneten LIDAR-Visualisierungen klar hervortretenden Strukturen sind aufgrund ihrer geringen Höhe bzw. Tiefe im Gelände kaum auszumachen.

Ein großer Teil der in den LIDAR-Visualisierungen erfassten Strukturen bedürfen einer Verifizierung bzw. Falsifizierung im Gelände bzw. durch die Anwendung weiterer, beispielsweise geophysikalischer Methoden, da ihre Funktion und zeitliche Stellung allein auf der Basis ihrer Reliefmerkmale oft nicht erkennbar ist. Hier sind beispielhaft die Wallstrukturen zu nennen, bei denen es sich z.B. um alte Grenzverläufe handeln kann. Relativchronologische Aussagen können allerdings auf der Grundlage von Überlagerungen oft getroffen werden. Einen wichtigen Beitrag zur Überprüfung von LIDAR-Befunden sowie zur Gewinnung zusätzlicher Erkenntnisse leistet die Verschneidung der LIDAR-basierten Visualisierungen mit Geophysik-Kartierungen (Magnetometer).

Literatur

BARTELS/WEI 2010

M. Bartels/H. Wei, 2010. Threshold-free object and ground point separation in LIDAR data. *Pattern Recognition Letters* 31: 1089–1099.

BROVELLI/CANNATA/LONGONI 2004

M.A. Brovelli, M. Cannata, U.M. Longoni, 2004. LIDAR data filtering and DTM interpolation within GRASS. *Transactions in GIS* 8(2): 155–174.

DONEUS/BRIESE/FERA/JANNER 2008

M. Doneus/C. Briese/M. Fera/M. Janner, 2008. Archaeological prospection of forested areas using full-waveform airborne laser scanning. *Journal of Archaeological Science* 35: 882–893.

HESSE 2010

R. Hesse, 2010. LIDAR-derived Local Relief Models (LRM) – a new tool for archaeological prospection. *Archaeological Prospection*, 17, 67–72.

HESSE 2013

R. Hesse, 2013. The changing picture of archaeological landscapes: lidar prospection over very large areas as part of a cultural heritage strategy. In: Opitz, R. S., Cowley, D. C. (eds.), *Interpreting archaeological topography*. Occasional Publication of the AARG No. 5, pp. 171–183. Oxbow, Oxford.

IMHOF 1986

E. Imhof, 1986. *Cartographic relief representation*. ESRI Press, New York.

MARA/KRÖMKER/JAKOB/BREUCKMANN 2010

H. Mara/S. Krömker/S. Jakob/B. Breuckmann, 2010. GigaMesh and Gilgamesh – 3D Multiscale Integral Invariant Cuneiform Character Extraction. In: Artusi, A., Joly-Parvex, M., Lucet, G., Ribes, A., Pitzalis, D. (Hrsg.), *The 11th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST*, Paris, France, 2010, pp. 131–138.

WEHR/LOHR 1999

A. Wehr/U. Lohr, 1999. Airborne laser scanning – an introduction and overview. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 54: 68–82.

ZAKŠEK/OŠTIR/KOKALJ 2011

K. Zakšek/K. Oštir/Z. Kokalj, 2011. Sky-View Factor as a relief visualisation technique. *Remote Sensing* 3: 398–415.

10 Laborbericht

Zusammenstellung der Proben aus Luxemburg mit den durchgeführten Untersuchungsverfahren

PDS: Dünnschliffmikroskopie mit Lichtmikroskop und am REM

AS: Anschliffmikroskopie mit Lichtmikroskop und am REM

ICP: physiko-chemische Elementaranalyse

| IfA-Nr. | Beschreibung und Inventar-Nr. | Operation |
|------------|--|-----------|
| L-1/2a | langovale Kalottenschlacke mit verbackenem Ziegelsplitt Titelberg: 2002/70/5953-s | PDS |
| L-1/2b | Schlacke oder Korrosion mit seitlich abknickendem Rand Titelberg: 2002/70/5953-s | PDS |
| L-1/2c | kleine Kalottenschlacke mit Entgasungsblasen Titelberg: 2002/70/5953-s | PDS ICP |
| L-1/3a | leichte blasige Kalottenschlacke, sehr porös Titelberg: 1995/70/581-s | PDS |
| L-1/3b | kleine ankorrodierte Kalotte mit zentralem Hohlraum Titelberg: 1995/70/581-s | PDS ICP |
| L-1/3d | Schlacke und korrodiertes Metall Titelberg: 1995/70/581-s | AS |
| L-1/4 | kompakte Kalottenschlacke Titelberg: 1997/70/1498-s | PDS ICP |
| L-1/102 | Erz, „Bohnerz“ Luxemburg-Prospektion 2002, L2 Differdange an der Laangfur | ICP |
| L-1/104a | Schlacke mit diffuser Fließstruktur Luxemburg-Prospektion 2002, L4 Clemency Hansenbernsheck | PDS ICP |
| L-1/104b | Erz, jüngertertiäres Sekundärerz Luxemburg-Prospektion 2002, L4 Clemency Hansenbernsheck | ICP |
| L-1/104c | großer Schlackebrocken mit diffuser Fließstruktur Luxemburg-Prospektion 2002, L4 Clemency Hansenbernsheck | PDS |
| L-1/114 | Erz, Doggererz Luxemburg-Prospektion 2002, L14 Athus Joffernboesch | ICP |
| L-1/117 | Erz, „Bohnerz“ Luxemburg-Prospektion 2002, L17 Differdange | ICP |
| L-1/118 | Erz, „Bohnerz“ Luxemburg-Prospektion 2002, L18 Differdange | ICP |
| L-1/119a | Erz, Doggererz Luxemburg-Prospektion 2002, L19 Differdange Honsboesch | ICP |
| L-1/119b | Erz, Doggererz Luxemburg-Prospektion 2002, L19 Differdange Honsboesch | ICP |
| L-1/06BE | Erz, „Bohnerz“ | ICP |
| L-1/0604KL | Großer Schlackeklotz | PDS ICP |
| L-1/0641 | Abstichschlacke | PDS |
| L-1/0644 | Schlackeklotzfragment | PDS ICP |
| L-1/0646a | Abstichschlacke | PDS ICP |
| L-1/0646b | Luppe/Korrosion | AS |
| L-1/0646c | Erz, jüngertertiäres Sekundärerz | ICP |

| | | | |
|-----------|----------------------------------|-----|-----|
| L-1/0656a | Verrollte Schlacke (Klotz?) | PDS | ICP |
| L-1/0656b | Erz, jüngertertiäres Sekundärerz | | ICP |
| L-1/0681 | Schlackeklotzfragment | PDS | ICP |
| L-1/0695 | Zungenschlacke | PDS | ICP |

Haupt- und Spurenelemente ausgewählter Proben aus SW-Luxemburg

| Chemische Analysentabelle: Hauptelemente | | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|---------------------|---------------------------------|
| Probennr. | SiO ₂ % | TiO ₂ % | Al ₂ O ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | MnO % | MgO % | CaO % | Na ₂ O % | P ₂ O ₅ % |
| L-1/0604 KL | 20,8 | 0,29 | 7,89 | 64,7 | 0,25 | 0,53 | 0,75 | 0,04 | 1,73 |
| L-1/644 KL | 24,2 | 0,45 | 6,45 | 64,7 | 0,17 | 0,30 | 3,05 | 0,08 | 2,84 |
| L-1/0656a KL | 21,1 | 0,43 | 9,47 | 63,7 | 0,35 | 0,84 | 2,41 | 0,06 | 2,75 |
| L-1/0681 KL | 20,9 | 0,41 | 7,41 | 68,5 | 0,30 | 0,49 | 1,95 | 0,06 | 3,06 |
| L-1/104a dFS | 24,4 | 0,5 | 8,04 | 65,8 | 0,41 | 0,63 | 3,57 | 0,10 | 3,64 |
| L-1/0646a AS | 17,3 | 0,35 | 7,29 | 69,8 | 0,31 | 0,67 | 2,22 | 0,05 | 3,50 |
| L-1/0695 ZS | 26,8 | 0,47 | 9,01 | 57,3 | 0,28 | 0,80 | 4,68 | 0,09 | 2,83 |
| L-1/2c KAL | 35,6 | 0,5 | 6,27 | 58,0 | 0,11 | 0,35 | 3,97 | 0,27 | 0,71 |
| L-1/3b KAL | 22,4 | 0,2 | 1,82 | 77,5 | 0,13 | 0,16 | 3,74 | 0,08 | 0,65 |
| L-1/4 KAL | 25,4 | 0,30 | 3,1 | 72,7 | 0,08 | 0,33 | 4,71 | 0,13 | 0,36 |
| L-1/114 DE | 38,9 | 0,2 | 4,59 | 50,1 | 0,07 | 0,01 | 0,06 | 0,02 | 1,25 |
| L-1/119a DE | 36,8 | 0,01 | 0,14 | 60,1 | 0,21 | 0,02 | 0,12 | 0,01 | 0,09 |
| L-1/119b DE | 38,6 | 0,12 | 2,1 | 57,8 | 0,07 | 0,10 | 0,10 | 0,02 | 0,38 |
| L-1/06 BE | 30,6 | 0,14 | 2,46 | 56,6 | 0,05 | 0,14 | 0,14 | 0,02 | 0,23 |
| L-1/102 BE | 23,3 | 0,2 | 3,06 | 73,1 | 0,26 | 0,14 | 0,21 | 0,02 | 0,68 |
| L-1/117 BE | 25,8 | 0,4 | 9,38 | 66 | 0,12 | 0,04 | 0,11 | 0,02 | 0,34 |
| L-1/118 BE | 29,1 | 0,47 | 7,93 | 59 | 0,12 | 0,04 | 0,12 | 0,01 | 0,24 |
| L-1/0646c SE | 7,16 | 0,14 | 4,23 | 71,1 | 0,15 | 0,28 | 0,11 | 0,02 | 1,80 |
| L-1/0656b SE | 12,2 | 0,18 | 5,63 | 65,8 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,01 | 2,03 |
| L-1/104b SE | 21,5 | 0,2 | 3,70 | 74,4 | 0,14 | 0,10 | 0,10 | 0,02 | 2,59 |

80 Haupt- und Nebenelementzusammensetzungen ausgewählter Proben aus Südwestluxemburg

| Chemische Analysentabelle: Spurenelemente | | | | | | | | | |
|---|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Probenbez. | Ba % | Sr % | Ni % | Zn % | Y % | Zr % | Cr % | V % | Summe |
| L-1/0604 KL | 0,014 | 0,007 | 0,002 | 0,007 | 0,003 | 0,013 | 0,031 | 0,080 | 97,0 |
| L-1/644 KL | 0,025 | 0,019 | 0,002 | 0,012 | 0,004 | 0,023 | 0,008 | 0,033 | 102,3 |
| L-1/0656a KL | 0,023 | 0,011 | 0,002 | 0,007 | 0,006 | 0,017 | 0,024 | 0,089 | 101,0 |
| L-1/0681 KL | 0,024 | 0,014 | 0,002 | 0,009 | 0,005 | 0,019 | 0,011 | 0,051 | 103,0 |
| L-1/104a dFS | 0,017 | 0,024 | <0,001 | 0,012 | 0,009 | 0,022 | 0,016 | 0,066 | 106,1 |
| L-1/0646a AS | 0,016 | 0,016 | 0,001 | 0,008 | 0,005 | 0,016 | 0,023 | 0,067 | 101,6 |
| L-1/0695 ZS | 0,038 | 0,020 | 0,002 | 0,004 | 0,003 | 0,016 | 0,022 | 0,054 | 102,3 |
| L-1/2c KAL | 0,03 | 0,014 | 0,004 | 0,005 | 0,002 | 0,023 | 0,008 | 0,01 | 105,7 |
| L-1/3b KAL | 0,023 | 0,007 | <0,001 | 0,003 | 0,002 | 0,014 | 0,007 | 0,009 | 106,7 |
| L-1/4 KAL | 0,018 | 0,009 | 0,005 | 0,004 | 0,002 | 0,017 | 0,009 | 0,01 | 107,1 |
| L-1/114 DE | 0,014 | 0,005 | 0,013 | 0,116 | 0,010 | 0,007 | 0,008 | 0,036 | 95,3 |
| L-1/119a DE | 0,004 | <0,001 | 0,007 | 0,016 | 0,008 | 0,002 | 0,004 | 0,06 | 97,5 |
| L-1/119b DE | 0,004 | <0,001 | 0,005 | 0,03 | 0,009 | 0,005 | 0,011 | 0,091 | 99,3 |
| L-1/06 BE | 0,003 | 0,001 | 0,002 | 0,032 | 0,005 | 0,008 | 0,012 | 0,17 | 90,4 |
| L-1/102 BE | 0,006 | 0,002 | 0,009 | 0,026 | 0,020 | 0,004 | 0,004 | 0,013 | 100,9 |
| L-1/117 BE | 0,006 | 0,002 | 0,011 | 0,037 | 0,008 | 0,009 | 0,028 | 0,16 | 102,2 |
| L-1/118 BE | 0,003 | 0,001 | 0,021 | 0,04 | 0,01 | 0,013 | 0,038 | 0,15 | 97 |
| L-1/0646c SE | 0,011 | 0,005 | 0,002 | 0,040 | 0,002 | 0,011 | 0,029 | 0,046 | 85,0 |
| L-1/0656b SE | 0,034 | 0,007 | 0,002 | 0,061 | 0,004 | 0,009 | 0,017 | 0,057 | 86,1 |
| L-1/104b SE | 0,007 | 0,004 | 0,017 | 0,062 | 0,003 | 0,007 | 0,012 | 0,039 | 102,7 |

81 Spurenelementzusammensetzungen ausgewählter Proben aus Südwestluxemburg.

Makroskopische und mikroskopische Ansprache des Probenmaterials vom Titelberg (Probe 1–7) und aus der Gesamtregion (Probe 8–26)

1. Proben-Nr. L-1/2a

Makroskop. Ansprache: langovale Kalottenschlacke mit Ziegelsplitteneinschlüssen

Mikroskop. Ansprache: Fayalitschlacke mit unregelmäßig verteilten Eisenoxidphasen

| | |
|------------------|--|
| Homogenität | sehr heterogen |
| Hauptkomponenten | Fayalit überwiegend in Form langer Skelette, Eisenoxide als sich auflösende Verbände ehemals schuppiger Einträge mit soweit erkennbar unregelmäßigen Oberflächen spricht für Hammerschläge, die von noch rohen Metalloberflächen abgeplatzt sind; Fayalit teils kotektisch verwachsen mit Wüstit, partiell etwas Wüstit in Dendritenform selten auch Magnetitskelette oder -oktaeder und das stengelige Eisensilikat Iscorit, gelegentlich blasig aufgeschäumte Verziegelungen als intentioneller oder absichtlicher Zuschlag? |
| Nebenkomponten | leuzitische Gläser mit Wüstitentmischungströpfchen |
| Porosität | Viele Entgasungsblasen, teils mit Korrosionssäumen |
| Sonstiges | |
| Bemerkungen | Schwankende Redoxbedingungen: Heterogene Bereiche, gelegentlich sogar Metallneubildung und die Verwachsung von Fayalit mit Wüstit stehen in konträrem Gegensatz zur Beobachtung von Iscorit und Magnetit. Ihre Anwesenheit spricht für nachträgliche Oxidationen als Folge sekundärer oxidierender Luftzufuhr |
| Klassifizierung | produktionsnahe Weiterverarbeitung |

2. Proben-Nr. L-1/2b

Makroskop. Ansprache: Schlacke oder Korrosion mit seitlich abknickendem Rand

Mikroskop. Ansprache: Mehrere Lagen von Korrosionsschichten und Zwischenräumen, etwas Metall

| | |
|------------------|---|
| Homogenität | heterogen |
| Hauptkomponenten | Gelegentlich etwas Metall innerhalb der Korrosion, ehemalige Legierungsbestandteile selektiv korrodiert. Gefügezusammensetzung nach Ätzung mit HNO_3 : leicht aufgekohlter Stahl aus Ferrit und Perlit, mit homogener Kornverteilung und angedeutetem Lagenbau. Das Gefüge spricht für einen weit fortgeschrittenen Verarbeitungsstand. Die Korrosion dürfte im wesentlichen auf umgewandeltes Metall zurückzuführen sein. |
| Nebenkomponten | |
| Porosität | |
| Sonstiges | |
| Bemerkungen | Korrosion randlich mit Holzkohleeinschlüssen Quarzkörnern und seltenen angebackenen Eisenoxidschüppchen (plattiger Hammerschlag). |
| Klassifizierung | gut geschmiedetes Metallobjekt nicht erkennbarer Form |

3. Proben-Nr. L-1/2c

Makroskop. Ansprache: kleine Kalottenschlacke mit Entgasungsblasen

Mikroskop. Ansprache: Fayalitschlacke mit viel Glas innerhalb unterschiedlicher Teilbereiche

| | |
|------------------|---|
| Homogenität | heterogen |
| Hauptkomponenten | Fayalit überwiegend in Form langer Skelette (mehrere Generationen), aber auch idiomorph, wenige Eisenoxide, teils wolkig verteilt, partiell blasig aufgeschäumte Verziegelungen deuten auf mitgerissene oder absichtlich zugegebene technische Keramik. |
| Nebenkomponten | Viel teils leuzitisches Glas in den Zwickeln, oft mit Tröpfchen von entmischten Eisenoxiden (Wüstit), gelegentlich auch magnetitbetonte Spinelle als Skelette oder Oktaeder. |
| Porosität | Viele, teils unregelmäßige Entgasungsblasen, teils mit Korrosionssäumen |
| Sonstiges | Größere Bereiche mit Korrosionserscheinungen enthalten bisweilen einen verbackenen Niederschlag von Holzkohleflittern, Quarzkörnern und Eisenoxidplättchen mit überwiegend einseitig scharfem Rand (Hammerschlag) |
| Bemerkungen | Größere Holzkohleeinschlüsse mit Säumen von Metalltröpfchen und -flittern sprechen für lokal stark reduzierende Bedingungen |
| Klassifizierung | Schmiedeschlacke |

4. Proben-Nr. L-1/3a

Makroskop. Ansprache: leichte blasige Kalottenschlacke, sehr porös

Mikroskop. Ansprache: überwiegend blasige, glasig erstarrte Schlacke mit Metalltropfen

| | |
|------------------|---|
| Homogenität | heterogen |
| Hauptkomponenten | glasig erstarrte Schlacke mit eingebackenen glasig blasigen quarzreichen Verziegelungen |
| Nebenkomponten | viele meist kugelige Metalleinschlüsse unterschiedlicher Aufkohlungsgrade, wie sich nach Ätzung mit HNO_3 gezeigt hat, hochaufgekohlte Tropfen mit untereutektischem Roheisengefüge neben reinen Ferrittropfen. Vermutlich wurde mit verflüssigtem Metall hantiert |
| Porosität | Sehr viele Gasblasen |
| Sonstiges | |
| Bemerkungen | Hochspezialisierte Verarbeitungsschlacke, ungewöhnliches Stück! |
| Klassifizierung | Raffinationsprozess? |

5. Proben-Nr. L-1/3b

Makroskop. Ansprache: kleine ankorrodierte Kalotte mit zentralem Hohlraum

Mikroskop. Ansprache: Fayalitschlacke mit Wüstitnestern

| | |
|------------------|---|
| Homogenität | heterogen |
| Hauptkomponenten | Fayalit in Skelettform und gedrunen idiomorph. Wüstit überwiegend in dendritischer Form oft in Nestern angereichert (weit zersetzter Hammerschlag) |
| Nebenkomponten | glasig erstarrte Zwickelfüllungen |
| Porosität | Viele, teils unregelmäßige Entgasungsblasen und Löcher von ausgebrochenen Holzkohlen, Blasen teils mit leuzitischen Randsäumen, auch sich auflösende Säume kommen vor |
| Sonstiges | Holzkohleeinschlüsse mit Säumen von Metalltröpfchen und -flittern sprechen für lokal stark reduzierende Bedingungen |

| | |
|-----------------|---|
| Bemerkungen | Größere Bereiche mit Korrosionserscheinungen enthalten bisweilen einen verbackenen Niederschlag von Holzkohlefittern, Quarzkörnern und Eisenoxidplättchen mit überwiegend einseitig scharfem Rand (Hammerschlag von fortgeschrittenen Verarbeitungsprozessen) |
| Klassifizierung | Verarbeitungsschlacke |

6. Proben-Nr. L-1/3d

Makroskop. Ansprache: Schlacke und korrodiertes Metall

Mikroskop. Ansprache: korrodierte Metalluppe in Verarbeitungsschlacke

| | |
|------------------|---|
| Homogenität | heterogen |
| Hauptkomponenten | Teils hematitisch ankorrodierte mechanisch fraktionierte Reste schwammartiger ferritischer Metalluppe mit etwas eingeschlossener Verhüttungsschlacke, heterogene Fayalit- und Wüstitschlacke. Fayalit überwiegend als langgestreckte Skelette, Wüstit oft dicht gepackt körnig in blumenkohllartiger Anordnung oder als Dendriten, eingeschlossene, verziegelte Essewandbröckchen |
| Nebenkompnenten | Viel Glas in den Restzwickeln, vereinzelte Metallfitter, Tropfenagglomeration |
| Porosität | Etliche Löcher, kaum Blasen |
| Sonstiges | |
| Bemerkungen | Viel Korrosion miteingeschlossenen Holzkohleresten, Quarzkörnern und scharfkantigen Hammerschlagplättchen |
| Klassifizierung | Kaum verformte Rennfeueruppe in Schlacke |

7. Proben-Nr. L-1/4

Makroskop. Ansprache: kompakte Kalottenschlacke

Mikroskop. Ansprache: Unterschiedliche Teilbereiche von Fayalitschlacke mit Wüstit

| | |
|------------------|---|
| Homogenität | heterogen |
| Hauptkomponenten | Homogene Fayalit-Wüstitschlacke mit Fayalitskeletten und regelhaft ausgebildeten Wüstitdendriten neben Bereichen mit scharfkantigen oder sich auflösenden Wüstitnestern scharfkantigen Hammerschlagschüppchen, etwas Holzkohle, randlich auch eingebackener Ziegelsplitt. |
| Nebenkompnenten | Partiell leuzitische Gläser in den Zwickeln oder leuzitische Blasenrandauskleidungen, Metallfitter |
| Porosität | unregelmäßig verteilte Gasblasen |
| Sonstiges | Wenig Korrosion |
| Bemerkungen | |
| Klassifizierung | Verarbeitungsschlacke |

8. Proben-Nr. L-1/102

Makroskopische Ansprache: Erz, „Bohnerz“

Mikroskopische Ansprache: entfällt

9. Proben-Nr. L-1/104a

Makroskop. Ansprache: Schlacke mit diffuser Fließstruktur

Mikroskop. Ansprache: Mehrere Schlackestränge aus Fayalitschlacke mit Wüstit

| | |
|------------------|---|
| Homogenität | Differenzierte Stränge, in sich homogen |
| Hauptkomponenten | Mehrere Schlackenstränge aus Fayalitschlacken mit unterschiedlichen Gehalten von Eisenoxiden. Die einzelnen Stränge sind durch undeutliche Abkühlungssäume aus Eisenoxiden oder durch Phasenminderwuchs getrennt. Lange Fayalitskelette, teils in Wollknäuelanordnung (Spinifextextur). Sehr regelhafte grazile Wüstitdendriten |
| Nebenkomponten | Überwiegend leuzitische Gläser in den Restzwickeln, flächig verteilte Metallflitter |
| Porosität | Unregelmäßige Gasblasen |
| Sonstiges | Korrosion vorherrschend in den Zwischenräumen, mit anhaftenden Verunreinigungen wie Quarzkörnern und Holzkohleflittern |
| Bemerkungen | |
| Klassifizierung | Verhüttungsschlacke |

10. Proben-Nr. L-1/104b

Makroskopische Ansprache: Erz, jüngertertiäres Sekundärerz

Mikroskopische Ansprache: entfällt

11. Proben-Nr. L-1/104c

Makroskop. Ansprache: großer Schlackebrocken mit diffuser Fließstruktur

Mikroskop. Ansprache: Homogene Fayalitschlacke mit Wüstit

| | |
|------------------|--|
| Homogenität | hoch |
| Hauptkomponenten | Fayalitschlacke mit Eisenoxiden, Fayalit überwiegend gedrunen idiomorph, langsam erstarrt, regelhaft verteilter kornartiger und dendritischer Wüstit |
| Nebenkomponten | leuzitische Gläser mit wüstitischen Entmischungströpfchen, Feldspatnadeln, flächig verteilte seltene Metallflitter |
| Porosität | unregelmäßige Gasblasen |
| Sonstiges | Blasen teils mit leuzitischem Saum, aber auch wieder aufgelöste leuzitische Saumreste |
| Bemerkungen | Randkorrosion |
| Klassifizierung | Verhüttungsschlacke |

12. Proben-Nr. L-1/114

Makroskopische Ansprache: Erz, Doggererz

Mikroskopische Ansprache: entfällt

13. Proben-Nr. L-1/117

Makroskopische Ansprache: Erz, „Bohnerz“

Mikroskopische Ansprache: entfällt

14. Proben-Nr. L-1/118

Makroskopische Ansprache: Erz, „Bohnerz“

Mikroskopische Ansprache: entfällt

15. Proben-Nr. L-1/119a

Makroskopische Ansprache: Erz, Doggererz

Mikroskopische Ansprache: entfällt

16. Proben-Nr. L-1/119b

Makroskopische Ansprache: Erz, Doggererz

Mikroskopische Ansprache: entfällt

17. Proben-Nr. L-1/06BE

Makroskopische Ansprache: Bohnerz

Mikroskopische Ansprache: entfällt

18. Proben-Nr. L-1/0604KL

Makroskop. Ansprache: Großer Schlackeklotz

Mikroskop. Ansprache: kompakte Fayalitschlacke mit ausgeprägten Zwickelfüllungen

| | |
|------------------|---|
| Homogenität | Relativ homogen |
| Hauptkomponenten | Fayalit, große idiomorphe Stengel, partielle Holzkohlereste, teils mit Korrosion |
| Nebenkompnenten | Metalltropfen gelegentlich beim Fayalit |
| Porosität | Unregelmäßige unregelmäßig verteilte Blasen und Hohlräume teilweise mit Korrosionsrändern |
| Sonstiges | |
| Bemerkungen | Nur wenig Eisenoxid in der Schlacke |
| Klassifizierung | Verhüttung, Schlackenklotz aus interner Schlackenegrube |

19. Proben-Nr. L-1/0641

Makroskop. Ansprache: Abstichschlacke

Mikroskop. Ansprache: Mehrere deutlich zu unterscheidende Stränge von Fayalit-Wüstitschlacke mit oberflächlichen Abkühlungssäumen

| | |
|------------------|--|
| Homogenität | Heterogene Zusammensetzung unterschiedlicher, in sich homogener Schlackestränge |
| Hauptkomponenten | In den Strängen überwiegen Fayalitskelette und Wüstitdendriten, wüstitische Abkühlungssäume an den Abkühlungsoberflächen, reliktsch von sich sekundär auflösenden Säumen aber auch innerhalb einzelner Stränge, gelegentlich mitgerissene blasig aufgeschäumte quarzreiche Ofenwand, sehr vereinzelt Holzkohlefitter, teils bei Löchern, bisweilen mit Verunreinigungen (Quarzsand) durchsetzt |
| Nebenkompnenten | Viele Metallfitter bei den Wüstiten, gelegentlich auch größere Tropfen, glasig erstarrte Restzwickel |
| Porosität | Viele, meist runde Entgasungsblasen in regelhafter Anordnung |
| Sonstiges | |
| Bemerkungen | Durchweg reduzierende Bedingungen |
| Klassifizierung | Abstichschlacke von Verhüttungsprozess |

20. Proben-Nr. L-1/0644a

Makroskop. Ansprache: Schlackeklotzfragment

Mikroskop. Ansprache: kompakte Fayalit-Wüstitschlacke

| | |
|------------------|--|
| Homogenität | Mäßig homogen, es lassen sich mehrere teils fließend ineinander übergehende Stränge mit unterschiedlichen Eisenoxidgehalten beobachten |
| Hauptkomponenten | Fayalit als überwiegend große idiomorphe Stengel, Fayalit und Wüstit sind gelegentlich kotektisch verwachsen, anhaftende Ofenwand, überwiegend aus Quarzkörnern mit vielen Gasblasen, konzentriert an den Zwickeln gibt es Wüstitdendriten |
| Nebenkomponten | Leuzitische Gläser und Feldspatnadeln in den Zwickeln |
| Porosität | Unregelmäßige Löcher und Blasen, teils mit Korrosionssäumen |
| Sonstiges | |
| Bemerkungen | |
| Klassifizierung | Verhüttung, Schlackenklotz aus interner Schlackengrube |

21. Proben-Nr. L-1/0646a

Makroskop. Ansprache: Abstichschlacke

Mikroskop. Ansprache: Verschiedene Schlackestränge von Fayalit-Wüstitschlacke mit oberflächlichen Abkühlungssäumen

| | |
|------------------|---|
| Homogenität | Sehr homogene Verteilung der Phasen |
| Hauptkomponenten | Fayalitskelette, grazile Wüstitdendriten, Eisenoxidkonzentrationen an den Abkühlungssäumen, sehr viele Metallfitter bei den Wüstitdendriten |
| Nebenkomponten | Glasig erstarrte Zwickelfüllungen |
| Porosität | Viele, zum Teil regelhaft verteilte runde Gasblasen unterschiedlicher Größe |
| Sonstiges | |
| Bemerkungen | Durchweg stark reduzierende Bedingungen, rasche Erstarrung |
| Klassifizierung | Abstichschlacke von Verhüttungsprozess |

22. Proben-Nr. L-1/0646b

Makroskop. Ansprache: Luppe/Korrosion

Mikroskop. Ansprache: Unterschiedliche Metallbildungsstadien in Schlacke

| | |
|------------------|--|
| Homogenität | heterogen |
| Hauptkomponenten | Fayalitskelette und idiomorphe Körner, schwankende Wüstitgehalte, überwiegend grazile Dendriten, Teilbereiche nahezu wüstitfrei. In der Schlacke sehr viel ferritisches Metall in unterschiedlichen Vorstadien einer nicht erfolgten Luppenbildung; in Gesellschaft mit Wüstiten einzelne Metallfitter oder agglomerierende Tropfen, gelegentlich größere Zusammenballungen mit verschlackten Zwischenräumen. Metallzeilen wurden ebenfalls beobachtet und gelegentlich größere Metallansammlung mit von Schlacke durchdrungenem Zellulargefüge, vielleicht das ursprüngliche Erzgefüge nachzeichnend, ein größerer Metallteil mit leichter Aufkohlung (Ferrit mit etwas Perlit) |
| Nebenkomponten | Glasige Zwickel |
| Porosität | Viele unregelmäßige Hohlräume und einzelne Gasblasen |
| Sonstiges | Starke Korrosionserscheinungen bei den Metallresten und an Hohlräumen |
| Bemerkungen | Aufkohlung setzt erst bei größeren Metallansammlungen ein |
| Klassifizierung | Vorstadium der Luppenbildung, keine mechanische Beeinflussung erkennbar |

23. Proben-Nr. L-1/0646c

Makroskop. Ansprache: Erz, jüngertertiäres Sekundärerz

Mikroskop. Ansprache: entfällt

24. Proben-Nr. L-1/0656a

Makroskop. Ansprache: verrollte Schlacke (Klotz?)

Mikroskop. Ansprache: Fayalit-Wüstitschlacke aus einzelnen, kaum unterscheidbaren Strängen, Phasenminderwuchs an den Abkühlungsflächen

| | |
|------------------|---|
| Homogenität | Homogen |
| Hauptkomponenten | Idiomorphe Fayalitkörner und gedrungene -skelette, Wüstitkörner und Dendriten, körnige Randanhaftung aus Quarz und Korrosion |
| Nebenkomponten | Sehr viel Leuzit in den Zwickeln, oft mit tropfenförmigen Wüstitentmischungen zudem gibt es in den Zwickeln Feldspatnadeln und Gläser, häufig Metallfitter bei den Wüstiten |
| Porosität | Vereinzelte Gasblasen |
| Sonstiges | |
| Bemerkungen | |
| Klassifizierung | Verhüttungsschlacke, Typ unbekannt (Ofenschlacke?) |

25. Proben-Nr. L-1/0681

Makroskop. Ansprache: Schlackeklotzfragment

Mikroskop. Ansprache: Mehrere differenzierbare Stränge von Fayalit-Wüstitschlacke mit schwankenden Eisenoxidgehalten

| | |
|------------------|--|
| Homogenität | Stränge in sich homogen |
| Hauptkomponenten | Idiomorphe Fayalitkörner oder Fayalitskelette, Wüstitdendriten – Flächen deckend oder an den Zwickeln konzentriert, randlich etwas Holzkohle |
| Nebenkomponten | Etwas metallisches Eisen, meist idiomorph, Leuzite mit Wüstitentmischung, glasig erstarrte Restschmelze |
| Porosität | gering |
| Sonstiges | |
| Bemerkungen | |
| Klassifizierung | Verhüttungsschlackenklotz aus interner Schlackenrube |

26. Proben-Nr. L-1/0695

Makroskop. Ansprache: Zungenschlacke

Mikroskop. Ansprache: Fayalit-Leuzitschlacke mit wenig Eisenoxid

| | |
|------------------|--|
| Homogenität | Mäßig homogen |
| Hauptkomponenten | Große idiomorphe Fayalitkörner, Leuzitoeder und Leuzitsäume an Grenzflächen aber auch in Auflösung innerhalb einzelner Stränge, Holzkohlestücke, teils mit metallischem Randsaum |
| Nebenkomponten | Leuzit mit Wüstitentmischung, wenige Wüstitdendriten in den Zwickeln, gelegentlich Feldspatnadeln, glasig erstarrte Restschmelzen |
| Porosität | Viele Löcher und Blasen unterschiedlicher Größe |
| Sonstiges | Fremdeinträge: Ferritische Punktwolken von sich auflösendem Metall? Eisenfitterreicher Schlackentropfen als Fremdeintrag? Leistenförmiges Eisenoxid |
| Bemerkungen | Korrosionssäume und -ränder |
| Klassifizierung | Zungenschlacke, Verfahren unklar, Verhüttung? |

11 Fundstellenliste

| Fundstelle | Name | Typ | Rechtswert | Hochwert | Datum | Bemerkung/Beschreibung |
|------------|--|--------------------------------------|------------|----------|----------|---|
| L001 | Titelberg, Juraplateau | Bohnerzlager | 58862 | 66515 | 19.12.02 | zwischen Graskopp und Honsboesch |
| L002 | Juraplateau, „an der Laangfur“ | Bohnerzlager | 58289 | 65979 | 19.12.02 | zwischen Graskopp und Hatendall; bereits 1997 mit A. Storoni begangen; beiderseits der Straße; sehr gute Erze |
| L003 | Linger zwischen Zillboesch und Jongebbesch | Podium | 58796 | 71528 | 19.12.02 | Nähe Bachtälchen; bereits im Wald, keine Holzkohle, Dm. ca. 8 m |
| L004 | Clemency Hansenbernsheck | Podium und Schlacken- platz | 58779 | 71575 | 19.12.02 | zwischen Zillboesch und Jongebbesch; Podium mit Erzen (in Sekundärlage?) direkt am Bachlauf (südlich), im Bach verrollte Schlacken (größere Brocken); auch unmittelbar nördlich des Bachlau- fes weitere Podien, bachaufwärts weitere Schlacken/Erze; auch oberhalb des Weges (Bachrohr) weitere Schlacken am Bach (L137), dort eine diffus geflossene Schlacke aufgesammelt, weiter oberhalb Wiese mit Quellmulde, auch im angren- zenden Wald nach Süden weiterer Quell- bereich (L005) |
| L005 | Guerlange (Belgien) | Quellbereich | 58562 | 71618 | 19.12.02 | zwischen Bois d'Athus und Jongeb- besch; ca. 250 m oberhalb L004 |
| L006 | Guerlange (Belgien) | Geländestufe/ Erzwaschhal- de? | 58493 | 71680 | 19.12.02 | südwestlich Jongebbesch; N-S orien- tiert |
| L007 | Guerlange (Belgien) | Geländestufe/ Haldenkör- per? | 58404 | 71585 | 19.12.02 | südwestlich Jongebbesch; nördlich des Bachlaufs |
| L008 | Guerlange (Belgien) Jufferbusch NO-Hang | Köhlerpodium | 58229 | 71596 | 19.12.02 | ca. 8 m Durchmesser, südlich oberhalb des Bachlaufs, der hier auf der Karte nicht mehr eingezeichnet ist |
| L009 | Guerlange (Belgien) Jufferbusch NO-Hang | Wege- schlacken | 58166 | 71741 | 19.12.02 | um den Fundpunkt herum findet sich jüngeres Abraummateriale am Weg (Roheisen, Schlacken) |
| L010 | Guerlange (Belgien) Jufferbosch | Köhlerpodium | 58091 | 71624 | 19.12.02 | knapp unterhalb des Gipfels auf der NO-Seite; Dm 8–9 m |
| L011 | Guerlange (Belgien) Jufferbusch | Köhlerpodium | 58054 | 71422 | 19.12.02 | im Quellbereich des nördlichen Bach- laufs unmittelbar südwestlich des Gipfels |
| L012 | Guerlange (Belgien) Juffer Busch | Köhlerpodium | 57852 | 71399 | 19.12.02 | bachabwärts von L011 in Bachtlinge, keine Bohnerze hier, nur etwas Minette, bachabwärts neben Minette auch Krustenerze, vielleicht aus Minette angereichert? |
| L013 | Athus (Belgien) Bois d'Athus | großes Podium | 57949 | 71105 | 19.12.02 | südlich des zweiten (südlicheren) Bach- laufs im Quellbereich oben, am Nord- hang, ca. 15 m Länge. Zwischen den beiden Bachtälchen ver- läuft die Gastrasse, die mit Betonpfie- lern markiert ist. |

| Fundstelle | Name | Typ | Rechtswert | Hochwert | Datum | Bemerkung/Beschreibung |
|------------|--|--|------------|----------|----------|---|
| L014 | Athus (Belgien) Bois d'Athus | großer Tagebau | 58191 | 71166 | 19.12.02 | mit See im Zentrum; nördlich der Gasleitung; es dürfte sich um den Fundpunkt 8 der Carte arch. handeln. Westlich davon trapezoider Aushubbereich, ca. 30 m lang mit Aushubwällen: Lehmentnahme? Auf der Wiese nach Süden weitere Abbauspuren; dabei handelt es sich vermutlich um die Nr. 31 auf der Carte arch. |
| L015 | Bascharage-Linger | Erzprobe | 58297 | 71020 | 19.12.02 | ?? |
| L016 | Differdange, Plateau Richtung Lasauvage | Kalkstein- bruch | 56957 | 65410 | 19.12.02 | große Erdumarbeitungen sichtbar |
| L017 | Differdange Juraplateau | Erzlagerstätte | 58325 | 64489 | 19.12.02 | bei der Bushaltestelle; Bohnerze, Probe genommen; östlich davon tiefe Hohlform (Steinbruch; an Wasserbehälter) |
| L018 | Differdange Juraplateau | Erzlagerstätte und Einzel- schlacken | 58327 | 64630 | 19.12.02 | etwas oberhalb von L017 auf der Kuppe; einige Bohnerze und eine blasige, gräuliche Schlacke oder Ofenwand (Hochofenschlacke?) |
| L019 | Differdange, Juraplateau | Erze | 58699 | 66446 | 20.12.02 | direkt gegenüber auf der anderen Straßenseite von L001; einige Erze und ein römisches Ziegelbruchstück, aber keine Schlacken; Fundstelle aufgesucht nach Aufzeichnung in Fond-de-Gras aus den 1940er Jahren (angeblich Schlackenaufsammlung); wahrscheinlich wurden die Erze mit Schlacken verwechselt |
| L020 | Differdange „Hatendall“ | Einzel- schlacken/moderne Schlacken | 58042 | 65727 | 20.12.02 | am Rand einer leichten Senke; entspricht Fundplatz 56 auf der arch. Karte; die aufgesammelten Schlacken sind aber modern (Hochofenschlacken; Arbed läßt grüßen); weitere Schlacken sind nicht eindeutig bestimmbar (Prozestyp nicht festgelegt) |
| L021 | Differdange Juraplateau | Einzel- schlacken/moderne Schlacken | 58219 | 64227 | 20.12.02 | entspricht Fundstelle 120 der Carte Arch.; nur einige glasige Schlacken, etwas Ziegelbruch und Keramik |
| L022 | Differdange Juraplateau | moderne Ein- füllungen mit Schlacken | 58142 | 64027 | 20.12.02 | auf der Carte arch. mit Fe bezeichnet unterhalb der Nr. 120; moderne Schlacken |
| L023 | Differdange Juraplateau | Erzlagerstätte | 58038 | 63988 | 20.12.02 | auf der anderen Straßenseite von L022: Maisacker mit vielen, sehr schönen kleinen Bohnerzen, in einer groß dimensionierten Karstwanne mit viel Rotlehm |
| L024 | Differdange Juraplateau | Tagebau/ Steinbruch | 57938 | 64288 | 20.12.02 | am rechten Wegrand von L023 nach Norden durch den Waldabschnitt Pel-lestack bei Nr. 124 auf der Carte arch.; tagebauähnliche Steinbruchtätigkeit; sehr unregelmäßige Geländehohlformen und Aufschüttungen; (Fotos 111/5–7 (Steinbruch) 11/8 vermutlicher eingestürzter Stollenverlauf mit Haus darüber, auf der Karte sind noch weitere Häuser verzeichnet (kein GPS-Wert genommen) |

| Fundstelle | Name | Typ | Rechtswert | Hochwert | Datum | Bemerkung/Beschreibung |
|------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------|----------|----------|--|
| L025 | Differdange Juraplateau | Einzelschla- cken und Erze | 57650 | 64418 | 20.12.02 | Fundplatz mit Holzkohle und einer Schlacke bei Ameisenhaufen, daneben Versuchsschürfungen; gute Erze; Lage unweit des Fundpunktes des vermutlich verstürzten Stollens; weitere Schlacken auf Rückfahrt gefunden, die wohl im Zusammenhang mit dem Wegebau stehen |
| L026 | Differdange Grand Bois | Pingenzug | 57419 | 64380 | 20.12.02 | im Bereich des heraufziehenden Tälchens; unregelmäßige Pingene, die wohl auf Erzabbau zurückzuführen sind; hier noch Bohnerze vorhanden; Foto hangaufwärts den Pingenzug entlang |
| L027 | Differdange, ober- halb Jongebosch | Pingen | 57841 | 66113 | 20.12.02 | tagebauartige Pingene oben am Hang am Waldrand, unten bei Fond-de-Gras sehr stark durch modernen Bergbau verunklärt, vor den Arealen auf denen wir Erze festgestellt haben |
| L028 | Differdange, Jungeboesch | | 57580 | 66436 | 20.12.02 | Hier in der Umgebung sollte sich der Fundplatz Nr. 28 der Carte arch. befinden. Ohne den ursprünglichen Begänger, der den Platz seinerzeit kartierte ist die Aufspürung im dichten Gestrüpp und Unterholz quasi aussichtslos |
| L029 | Differdange, Graskopp | Tagebau, Erz- probe | k. A. | k. A. | 12.12.03 | kein GPS, nur grob lokalisiert |
| L030 | Differdange, Stronk | Einzelschla- cken, Erz- probe | k. A. | k. A. | 12.12.03 | wsw der Carte arch Nr. 51; abgeerntete Maisfelder östlich anschließend an Fundstelle L002 (Storoni); teils Koralleneinlagerungen aus dem Doggerkalk (nicht Malm!) sehr reiche Erze; gut abgerechnet aber noch nicht gepflügt |
| L031 | Differdange, Stronk | Erzprobe, Ein- zelschlacken? | k. A. | k. A. | 12.12.03 | abgeerntetes Maisfeld, abgerechnet aber nicht gepflügt |
| L032 | Clemency Fulleswis | Einzelschla- cken, Erzprobe | k. A. | k. A. | 13.12.03 | |
| L033 | Clemency | Erzprobe | k. A. | k. A. | 13.12.03 | nördlich des Grabes, Acker oberhalb der Terrasse, nur ein wenig Arbed-Schlacke vorhanden |
| L034 | Niederkorn, Chierterrasse | Erzprobe | 60319 | 68330 | 21.03.04 | Fundplatz bereits von A. Storoni ausgewiesen: „sekundäre Erzanreicherungen“; sehr viel Arbed-Schlacke |
| Fundstelle | Name | Typ | Rechtswert | Hochwert | Datum | Bemerkung/Beschreibung |
| L035 | Clemency | Erzprobe | 58946 | 71406 | 21.03.04 | südl. L004 auf Wiese mit Maulwurfshügeln, zahlreiche sehr gute Erze; keine Schlacken bisher |
| L036 | Clemency | Köhlerplatz? | 58912 | 71559 | 21.03.04 | bachaufwärts von L035 (Bach führt sehr viel Wasser) in der südlichen Böschung Holzkohle, angeschnitten vom Bach, aber oberflächennah (rezent?); weiterhin gute Erze in der Umgebung; Auswaschungen (?) links und rechts des Baches von alten Bachverläufen (?) |

11 Fundstellenliste

| | | | | | | |
|------|------------------------------------|----------------------------|-------|-------|----------|---|
| L037 | Clemency | Köhlerpodium; Erzprobe | 58912 | 71593 | 21.03.04 | großes Köhlerpodium nördlich des Baches; sehr gute Erze im unmittelbaren Umfeld |
| L038 | Clemency | Erzprobe | 59543 | 71526 | 21.03.04 | Gegenhang zu L004; Bachlauf oberhalb des Trigonometrischen Punktes nördlich der Flur „Seitert“; sehr gute Erze; Bachlauf nach oben Richtung „Fulleswis“ |
| L039 | Bascharage-Linger | Einzel-schlacke | 59061 | 71552 | 22.03.04 | diffuse Fließschlacke aus Maulwurfs-hügel |
| L040 | Bascharage-Linger | Einzel-schlacke | 59072 | 71569 | 22.03.04 | ca. 80–100m hangaufwärts von L039, ebenfalls in der Wiese |
| L041 | Clemency | Schlacken-platz; Erz-probe | 59056 | 71605 | 22.03.04 | westlich des Baches im Wald; ca. 60 m von L40 entfernt; Fließschlacken; noch leichte Erhebung/Hügel erkennbar ca. 5m breit und 8–10 m lang. |
| L042 | Clemency | Schlacken-platz; Erz-probe | 59053 | 71619 | 22.03.04 | ca. 6m nw L041 weiterer Schlacken-platz, Schlacken mit anderer Struktur? |
| L043 | Clemency | Quellbereich | 59039 | 71692 | 22.03.04 | Quellbereich eines Bachtälchens nördlich der Fundstellen L041/42 |
| L044 | Clemency | Schlacken-platz | 59064 | 71613 | 22.03.04 | nur wenige Meter östlich von L041; Schlacken und Ofenwandung |
| L045 | Clemency | Köhlerplatz | 58945 | 71642 | 22.03.04 | Gegenhang des Bachtälchens unterhalb von L004 |
| L046 | Clemency | Schlacken-platz; Erz-probe | 58743 | 71765 | 22.03.04 | wenige Fließschlacken in der östlichen Bachböschung, Ofen-/Schlackenplatz oberhalb nicht mehr nachweisbar, wohl vollständig abgefahren; sehr gute Erze |
| L047 | Clemency | metallurgi-scher Platz? | 59152 | 71602 | 22.03.04 | Reste verziegelten Lehms und etwas Holzkohle |
| L048 | Bascharage-Linger | Einzel-schlacken | 58802 | 71140 | 23.03.04 | Wiese westlich Zillboesch; wahrscheinlich modern; der Fundplatz liegt in einem Taleinschnitt mit hangparallelen Terrassierungen wie in ausgerzten Bereichen; hangoberhalb auch zwischenzeitlich etwas Holzkohle |
| L049 | Athus (Belgien) | Köhlerpodium | 58524 | 71246 | 23.03.04 | Durchmesser ca. 6–8 m, leicht oval |
| L050 | Athus (Belgien) | Köhlerpodium | 58575 | 71117 | 23.03.04 | großes Podium ca. 10 m Dm. (oval) mit HK und verziegeltem Lehm |
| L051 | Bascharage-Linger „Kurzelt“ | Erzprobe | 58625 | 70970 | 23.03.04 | gute Erze |
| L052 | Bascharage-Linger „Kurzelt“ | Pinge, Erz-probe | 58542 | 70877 | 23.03.04 | eine größere ca. 15 m große amorphe Pingel neben altem Weg; sehr gute Erze; Richtung Punkt L051 Relief bereits etwas unruhig |
| L053 | Bascharage-Linger „Kurzelt“ | Tagebau | 58472 | 70899 | 23.03.04 | oberer Beginn des modernen Tagebaus (tiefer plötzlicher Geländeeinschnitt, heute mit kleinem Bachlauf) |
| L054 | Bascharage-Linger „Hierschtbiereg“ | Hohlwege | 58271 | 70409 | 23.03.04 | zwischen Taleinschnitt „Leier“ und Hierschtbiereg am Waldrand |
| L055 | Bascharage-Linger „Hierschtbiereg“ | Erzprobe | 58118 | 70626 | 23.03.04 | abgeregneter Acker oberhalb des Quellteichs, beste Erze |

| Fundstelle | Name | Typ | Rechtswert | Hochwert | Datum | Bemerkung/Beschreibung |
|------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------|----------|----------|--|
| L056 | Bascharage-Linger „Houboesch“ | Einzel-schlacken | 57909 | 70312 | 23.03.04 | moderne Schlacken, Autoreifen, aber auch eine große Fließschlacke (Fayalite) |
| L057 | Bascharage-Linger „Hierschtbiërg“ | Einzel-schlacken | 58146 | 70161 | 23.03.04 | wohl modern |
| L058 | Pétange „Engeschlach“ | Tagebau, Erzmine | 57384 | 70087 | 24.03.04 | Randbereich des großen Tagebaus; gute Erze; oberhalb beginnen die Erzwashbassins |
| L059 | Pétange „Engeschlach“ | Tagebau, Erzmine | 57360 | 70150 | 24.03.04 | unterster Erzwashsteich mit Ablass im Bachlauf; bachaufwärts schließen sich weitere Washbassins (insgesamt 5!) mit ebenfalls noch sehr gut erhaltenen Umfassungswällen an. |
| L060 | Clemency, Bereich des SLT-Grabes | Einzel-schlacken | 59571 | 72444 | 24.03.04 | zwei Schlacken |
| L061 | Clemency, „Fulleswis“ | Einzel-schlacken | 59789 | 72211 | 24.03.04 | Schlacke und moderne Artefakte |
| L062 | Pétange „Engeschlach“ | Podium, Plattform, Erzabbau? | 57172 | 70184 | 25.03.04 | Erzabbau?-Plattform, ca. 15 m Durchmesser, oval, ohne erkennbare Auswurfhalde |
| L063 | Clemency „Jongebbesch“ | flache Eintiefungen Schürfgruben | 59105 | 72236 | 26.03.04 | |
| L064 | Clemency „Jongebbesch“ | Erzprobe | 58687 | 72028 | 26.03.04 | an auf der Karte nicht verzeichnetem Bach |
| L065 | Guerlange (Belgien) | Schürfgrube mit Auswurfhalde | 58601 | 72208 | 26.03.04 | in der Umgebung massive Tagebau-Abbauspuren |
| L066 | Guerlange (Belgien) | Erzwashsteich? im Bachlauf | 58538 | 72214 | 26.03.04 | ca. 15 m Durchmesser mit Ausfluß; direkt im Bachlauf angelegt; umgeben von großen flachen Schürfmulden eines größeren Abbaues |
| L067 | Clemency „Lumberbiërg“ | Quellbereich; Erzprobe | 58428 | 72027 | 26.03.04 | |
| L068 | Clemency „Lumberbiërg“ | Quellbereich; Erzprobe | k. A. | k. A. | 26.03.04 | kein GPS-Wert genommen; wsw von L067 im Talschluß; weitere Erzprobe |
| L069 | Guerlange (Belgien) „Lumberbiërg“ | Abbauhalde | 58303 | 72081 | 26.03.04 | große Abbauhalde ca. 30–40 m lang und ca. 3 m hoch; nw anschließend großflächige Schürfspuren (Tagebaue) |
| L070 | Guerlange (Belgien) „Lumberbiërg“ | Tagebaukante | 58175 | 72129 | 26.03.04 | Punkt am Weg an der Kante des Tagebaus von L069. |
| L071 | Guerlange (Belgien) „Lumberbiërg“ | kleiner Grabhügel | k. A. | k. A. | 26.03.04 | Tumulus ca. 8 m Durchmesser, dreiviertel Meter hoch erhalten |
| L072 | Guerlange (Belgien) „Lumberbiërg“ | Schürfgrube | 58394 | 72244 | 26.03.04 | flache Schürfgrube ca. 6–7 m Durchmesser; östlich anschließend beginnt dann erneut ein größerer Tagebau mit flachem Schürfabbau |
| L073 | Clemency „Jongebbesch“ | Washbassin, Tagebau | 58658 | 72304 | 26.03.04 | westl. Endpunkt des großen Tagebaus L065/66/72; Washsteich mit Auslauf, durch den auch heute noch der Bach fließt. |

| Fundstelle | Name | Typ | Rechtswert | Hochwert | Datum | Bemerkung/Beschreibung |
|------------|--|-------------------------------------|------------|----------|----------|--|
| L074 | Clemency „Jongebbesch“ | Schürfgruben, Erzabbau | 58700 | 72330 | 26.03.04 | flache Schürfpingen in größerem Areal, vielleicht hier noch älterer Abbau erhalten? Sehr gute Erze; unmittelbar nach Norden und NO anschließend wieder größerer Tagebau mit Wallanlagen (gleichfalls Waschbassins?) |
| L075 | Clemency „Jongebbesch“ | Tagebau | 58695 | 72481 | 26.03.04 | Endpunkt des Tagebaus no von L074 an altem Weg; doch auch jenseits des Weges geht es mit größeren amorphen Schürfgruben mit Aushubwällen weiter |
| L076 | Clemency „Nonnengronn“ | Erzprobe | 57680 | 73313 | 26.03.04 | sehr gute Erze; oberhalb eines Bacheinschnitts |
| L077 | Clemency „Lechelchen“ | Tagebau | 57427 | 73273 | 26.03.04 | Randpunkt des großen Tagebaus der das gesamte Bachtälchen ausgeerzt hat, hangparallele Terrassierungen. |
| L078 | Clemency-Fingig- Maerchen „Mauerwis“ | Einzelfunde; Erzprobe | 61198 | 73942 | 27.03.04 | Steinmaterial mit Hitzeeinwirkungen |
| L079 | Clemency-Fingig | Lesefunde | 60848 | 73955 | 27.03.04 | Ackerfläche, gut abgereget, modernes Material, gute Erze, moderne Schlacken |
| L080 | Clemency-Fingig | Lesefunde, Einzelschla- cken | 60820 | 73613 | 27.03.04 | aus dem Bach Keramikscherbe?, moderne Ziegel, eine Schlacke |
| L081 | Clemency „Hansen- bernsheck“ | Schlacken- platz | 58763 | 71565 | 28.03.04 | Fundplatz des Schlackenklotzes in der südlichen Böschung des Wessegbaaches am 13.12.2003 |
| L082 | Linger, Wessegbach | Erzprobe aus Erzhorizont | 59363 | 70385 | 10.09.04 | Bachlauf des Wessegbaches von Linger bachaufwärts; Erzhorizont; Bachlauf aufgrund der sommerlichen Temperaturen praktisch vollständig ausgetrocknet |
| L083 | Linger, Wessegbach | Erzprobe | 59356 | 70492 | 10.09.04 | bachaufwärts von L082 |
| L084 | Linger, Wessegbach | Erzanreiche- rung; Erz- probe | 59152 | 71249 | 10.09.04 | weiter bachaufwärts von L083 im Bachbett des Wessegbaches; auch weiter bachaufwärts sehr gute, schwere Erze |
| L085 | Linger, Wessegbach | Einzelschlacke | 58963 | 71537 | 10.09.04 | im Bachbett des Wessegbaches unterhalb der Fundstellen L004 und L081; verrollte Schlacke |
| L086 | Kahler | Erzprobe, Ein- zelschlacke | 61211 | 77560 | 11.09.04 | westlich des Ortes sehr gute Erze; nahe am Bachlauf oberhalb der Eisch auf eingesätem Acker südlich unterhalb des Weierfeldes Punkt genommen, die Erze kommen aber mindestens bis hinauf zur Verbindungsstrasse Grass – Kahler bzw. Peifeschaff vor. |
| L087 | Kahler „Rebiereg“ | Erzprobe, Schlacke | 61973 | 75363 | 11.09.04 | auf Kuppe, westlich Eiselberg, Ackerfläche, hervorragende Erze; direkte Sichtverbindung zum Titelberg und den beiden steilen Hügeln |
| L088 | Kahler „Rebiereg“ | Keramik Lese- funde, Erze | 62186 | 75566 | 11.09.04 | ganz nahe am Wasserbehälter, gleicher Acker wie L087, Keramik Lesefund und einige Erze |
| L089 | Kahler, Eiselberg | Lesefunde, Erzprobe | 63438 | 75917 | 11.09.04 | etwas Keramik, große gute Erze |

| Fundstelle | Name | Typ | Rechtswert | Hochwert | Datum | Bemerkung/Beschreibung |
|------------|---|-----------------------------------|------------|----------|----------|---|
| L090 | Goeblingen-Nospelt, Gräberbereich | Erzprobe | 66396 | 82246 | 11.09.04 | quarzreiche, sandige, aber schwere Erze |
| L091 | Göblingen-Nospelt | Lesefunde, Einzelschlacken | 66454 | 82384 | 11.09.04 | großes Knochenstück mit Schnittspuren, in der Umgebung Kalksteinanreicherung; einige Schlacken; bei Römervilla am Gegenhang des Tälchens |
| L092 | Cap, Wandhaff, Lanscheter Weiher | Erzprobe | 65984 | 79379 | 11.09.04 | auf großem, gepflügtem Acker (östl. Plateau) |
| L093 | Bascharage, Lamerberg Nordhang | Erprobe | 60088 | 72115 | 20.12.04 | an Waldlichtung |
| L094 | Bascharage, Lamerberg Nordhang | Erzprobe | 60625 | 72374 | 20.12.04 | nordöstlich des Wegkreuzes in Bach-einschnitt |
| L095 | Bascharage, Lamerberg Nordhang | Schlackenplatz | 60517 | 72507 | 17.03.06 | bachabwärts des großen Taleinschnittes im Norden des Lamerberg Nordhangs am Zusammenfluß zweier Bachtälchen, zahlreiche, teils große Schlacken (Schlackenzungen) im Bachbett; größere Probenzahl genommen; die zugehörige Halde liegt ca. 10 m nördlich neben dem Bachzwickel und wird unter gleicher Nummer geführt. Schlackenhalde ca. 12 m Durchmesser, größtenteils abgefahren, wie durch zentrale Delle erkennbar. |
| L096 | Bascharage, Lamerberg Nordhang | Erzwaschteich | 60463 | 72549 | 20.12.04 | Dammdurchlass eines Erzwaschteichs bachabwärts von Fundstelle L095 |
| L097 | Bascharage, Lamerberg Nordhang | Erzwaschteich | 60369 | 72541 | 20.12.04 | Dammdurchlass eines zweiten Erzwaschteichs bachabwärts von Fundstelle L096 |
| L098 | Bascharage, Lamerberg Nordhang | Einzelschlacken/moderne Schlacken | 60417 | 72220 | 21.12.04 | im Bachbett direkt am südöstlichen Wegrand noch südlich der Wegekreuzung (Schutzhütte); Schlacken wahrscheinlich modern (Arbed) |
| L099 | Bascharage, Lamerberg Nordhang | Schlackenplatz | 60491 | 72540 | 17.03.06 | ca. 12 m große Schlackenhalde ca. 20 m nordwestlich der Halde L095. Mit erhaltener Höhe von 1–1,5 m offenbar noch sehr gut erhalten. Als Schneemerkmal erkennbar. Schlacken liegen z.T. über den Baumwurzeln, wurden also vom Baum schrittweise nach oben gedrückt. Offenbar ungestörter Befund. |
| L100 | Clemency, südlicher Ortsrand, Ketschebaachtal | Lesefundstelle | 59540 | 72806 | 22.12.04 | Keramikscherben auf engem Raum in mehreren benachbarten Maulwurfshügeln; darunter auch das Fragment einer Amphore |
| L101 | Clemency, südli. Ortsrand, Ketschebaachtal | Lesefundstelle | 59736 | 72709 | 22.12.04 | weiterer Keramikfund ca. 100 m südöstlich von Fundstelle L100. Reduzierend gebrannte Scherbe (Bodenstück?) mit umlaufender Riefe (Absatz). |
| L102 | Holzem | Erzprobe | 67890 | 75776 | 22.12.04 | auf Nordseite des Bachlaufs Richtung Mamer gute Erze, wie bei Lucius angegeben |
| L103 | Niedercorn | Grabhügel (?) getrichtert | 60524 | 68202 | 20.12.05 | flache Erhebung, als Bewuchsmerkmal sichtbar, ca. 8m Durchmesser in der Wiese, mit zentraler Delle |

11 Fundstellenliste

| Fundstelle | Name | Typ | Rechtswert | Hochwert | Datum | Bemerkung/Beschreibung |
|------------|-------------------------------|--|------------|----------|----------|--|
| L104 | Niedercorn | Lesefunde, Schlacke | 60653 | 68198 | 20.12.05 | kleines Schlackenfragment aus einem Maulwurfshügel, dazu Steinkohle?/ Anthrazit? und kleines Erzfragment; ca. 200 m östlich von L103 westlich einer Baumgruppe |
| L105 | Pétange | große Haldenstrukturen (modern) | 59689 | 68600 | 20.12.05 | bei Pétange Ortseingang unterhalb der Straße; GPS-Punkt wurde an der Straße genommen |
| L106 | Straße Pétange, Niedercorn | Lesefundplatz | 60521 | 68786 | 21.12.05 | Maulwurfshügel auf Wiese unmittelbar an der Straße mit etwas Schlacke, etwas Glas |
| L107 | Bascharage, Lauterbann | Einzelschlacken/moderne Schlacken, Keramik | 60473 | 68527 | 21.12.05 | Zahlreiche moderne Schlacken |
| L108 | Bascharage, Lauterbann | Lesefundplatz Erze, Schlacken | 60250 | 68486 | 21.12.05 | abgeernteter Maisacker, auf Höhe Umspannwerk |
| L109 | Niedercorn | römische Villa | 60333 | 68445 | 21.12.05 | auf Geländerippe unterhalb der Kuppe; Kalkstein- und Ziegelbruchstücke, mitten im Erz |
| L110 | Sanem, Haneboesch | Bergbauspu- ren, Erzprobe | 61558 | 67658 | 21.12.05 | |
| L111 | Henneboesch, Karte Bettenburg | Abbaugrube, Erzprobe | 65801 | 68489 | 21.12.05 | große Abbaugrube (Lehmentnahme?) |
| L112 | | Bergbau- spuren | 66075 | 68474 | 21.12.05 | nicht kartiert; Karte Bettenburg |
| L113 | | Erzprobe | 65829 | 70304 | 21.12.05 | nicht kartiert; Karte Bettenburg |
| L114 | | Einzelschlacken/moderne Schlacken | 64353 | 69857 | 22.12.05 | nicht kartiert |
| L115 | | Erzabbau/ Pinge | 64214 | 69953 | 22.12.05 | nicht kartiert |
| L116 | | Erzabbau/ Pinge | 64351 | 69447 | 22.12.05 | nicht kartiert |
| L117 | | Lesefunde | 64196 | 69258 | 22.12.05 | |
| L118 | Lamerbiert Nordhang | Schlackenplatz | 60486 | 72560 | 16.03.06 | Schlackenhalde am Gegenhang zu L095/99 auf der anderen Seite des Baches, weitgehend abgeräumt. L132 und 133 sind zugehörig |
| L120 | Clemency, Wessegbaachtal | Einzelschlacke | | | | diffus geflossene Schlacke im Bachbett bachabwärts des Schlackenplatzes L081/L004, Hang abwärts von L044 zwischen den beiden Magnetikflächen |
| L121 | Esch „op der Gleich“ | Schlackenplatz | 67329 | 60291 | 17.03.06 | Schlackenplatz mit Ofenstelle (von C. Robert untersucht) Rennofenschlacken, Mittelalter; große Fundstelle; auch Gräberfeld und Siedlungsbefunde |
| L122 | Hautcharge | Bergbauspu- ren; Pinge | 59683 | 71668 | 25.03.07 | flache Mulde, Pinge; zu größerem Bereich verschliffener Abbauspu- ren gehö- rend; als Beispiel erfasst |
| L123 | Clemency | Tagebau | 59578 | 71657 | 25.03.07 | im Lidar-Scan deutlich sichtbar |

| Fundstelle | Name | Typ | Rechtswert | Hochwert | Datum | Bemerkung/Beschreibung |
|------------|--------------------------------|---------------------------|------------|----------|-----------|---|
| L124 | Clemency, Jongebbesch | Bergbauspuren; Pinge | 59589 | 71699 | 25.03. 07 | flache Mulde, Pinge; zu größerem Bereich verschliffener Abbauspuren gehörend; als Beispiel erfasst |
| L125 | Clemency, Jongebbesch | Tagebau | 59344 | 71768 | 25.03. 07 | im Lidar-Scan deutlich sichtbar |
| L126 | Clemency, Jongebbesch | Erzabbau/ Pinge | 58894 | 72113 | 25.03.07 | |
| L127 | Guerlange, Lumbierg | Erzabbau/ Pinge | 58420 | 72127 | 25.03.07 | |
| L128 | Guerlange, Lumbierg | Bergbauspuren; Pinge | 58319 | 72159 | 25.03. 07 | Pinge mit Aushubkranz (Verifikation des Lidar-Scans) |
| L129 | Guerlange, Lumbierg | Bergbauspuren; Pinge | 58310 | 72150 | 25.03. 07 | Pinge mit Aushubkranz (Verifikation des Lidar-Scans) |
| L130 | Guerlange, Lumbierg | Bergbauspuren; Pinge | 58294 | 72155 | 25.03. 07 | Pinge mit Aushubkranz (Verifikation des Lidar-Scans) |
| L131 | Guerlange, Lumbierg | Bergbauspuren; Tagebau | 58351 | 72318 | 25.03. 07 | großer Tagebau; Orientierungspunkt auf Randwall oberhalb eines Sees |
| L132 | Bascharge, Lamerbiert Nordhang | Schlackenhalde | 60490 | 72566 | 25.03. 07 | gehört zu der weitgehend abgetragenen Schlackenhalde L118, die sich bei der Nachuntersuchung aufgrund des Lidar-Scans als wesentlich größer erweist |
| L133 | Bascharge, Lamerbiert Nordhang | Schlackenhalde | 60479 | 72552 | 25.03. 07 | südlicher Abschluss der Schlackenhalde L118/L132, die sich bei der Nachuntersuchung aufgrund des Lidar-Scans als wesentlich größer erweist |
| L134 | Clemency | Einsturztrichter | 59082 | 71800 | 26.03. 07 | durch unterirdische Wasserläufe ausgehöhlter Einsturztrichter |
| L135 | Clemency | Einsturztrichter | 58923 | 71774 | 26.03. 07 | durch unterirdische Wasserläufe ausgehöhlter Einsturztrichter |
| L136 | Clemency, Wessegbaach | Lesefund Keramik | 58715 | 71637 | 26.03. 07 | vorgeschichtliche Keramik; reduzierend gebrannte Bodenscherbe, Oberfläche teilweise abgeplatzt |
| L137 | Wessegbaach/ Junkerwis | Schlackenplatz | 58738 | 71578 | 26.03. 07 | mehrere Schlacken vorgesch./gallo-römischen Typs im Bachbett; ca. 6 m bachaufwärts der Betonröhre des Wegübergangs an ehemaliger Bacheinmündung (von L046 her) in den Wessegbaach |
| L138 | Wessegbaach | Einzel- schlacken | 58890 | 71568 | 26.03. 07 | zwei verrollte Schlacken im Bachbett; Fundstreuung von Fundplatz L004/L081 bzw. L137 |
| L139 | Titelberg, Fond de Gras | Bergbauspuren | 57933 | 66600 | 27.03. 07 | Bergbauspuren am südlichen Gehang des Titelbergs auf Höhe Fond de Gras |
| L140 | Differdange, Juraplateau | Bergbauspuren, Bohnerzone | 57585 | 64733 | 27.03. 07 | |
| L141 | Differdange, Juraplateau | Bergbauspuren, Bohnerzone | 57675 | 64737 | 27.03. 07 | |

11 Fundstellenliste

| Fundstelle | Name | Typ | Rechtswert | Hochwert | Datum | Bemerkung/Beschreibung |
|------------|---------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|--|
| L142 | Differdange, Juraplateau | Bergbauspuren, Bohnerzzone | 57697 | 64698 | 27.03. 07 | |
| L143 | Differdange, Juraplateau | Bergbauspuren, Bohnerzzone | 57628 | 64661 | 27.03. 07 | |
| L144 | Differdange, Juraplateau | Bergbauspuren, Bohnerzzone | 57756 | 64711 | 27.03. 07 | |
| L145 | Differdange, Juraplateau | Bergbauspuren, Bohnerzzone | 57691 | 64516 | 27.03. 07 | |
| L146 | Bascharge-Linger „Houboesch“ | Einzel- schlacken | 57911 | 70293 | 27.03. 07 | Schlackenfund (Zungenschlacke wie von L095/L099 Lamerberg) im Umfeld von Fundplatz L056; dazu auch Hochofenschlacke, Autoreifen etc., der zugehörige Verhüttungsplatz dürfte vollständig zerstört sein |



University
of Bamberg
Press

Die Eisenerzlagerstätten Luxemburgs gehören zusammen mit den lothringischen Vorkommen zu den bedeutendsten Erzressourcen Kontinentaleuropas. Luxemburg zählte im Zeitalter der Industrialisierung zu den wichtigsten Eisen- und Stahlproduzenten. Anders als in den Nachbarländern liegen auf dem Gebiet Luxemburgs die Anfänge der Produktion von der vorrömischen Eisenzeit bis ins Frühmittelalter aber bis heute nahezu vollständig im Dunkeln.

Gleichwohl sind aus diesen Perioden bedeutende Besiedlungsspuren bekannt, wie das gallo-römische Oppidum auf dem Titelberg oder die prunkvollen Grabfunde von Clemency oder Göblingen-Nospelt aus dem 1. Jh. v. Chr. Ihr Reichtum wurde schon lange mit der antiken Ausbeutung der Erzressourcen in Verbindung gebracht, ohne dass bisher ein direkter Nachweis gelungen wäre.

An dieser Stelle setzten ab den späten 1990er Jahren moderne, landschaftsbezogene Untersuchungen an, deren Ergebnisse in diesem Band vorgelegt werden. Besonders zwischen den Jahren 2002 bis 2008 wurde die alte Bergbauregion im Umland des Titelbergs in jährlichen Kampagnen durch Geländeprospektionen, geophysikalische Vermessungen, die Auswertung von LIDAR-Geländedaten, Bohrsondagen und archäometallurgische Laborforschungen einer systematischen montanarchäologischen Analyse unterzogen.

Trotz der massiven Überprägung und oftmals vollständigen Zerstörung durch den industriellen Bergbau des 17.-20. Jahrhunderts ist es dabei gelungen, Spuren eisenzeitlich-römischer bis frühmittelalterlicher Eisengewinnung aufzudecken und zu erforschen und damit ein erstes Fenster zur ältesten Montanproduktion im „Eisenland“ Luxemburg aufzustoßen.



ISBN 978-3-86309-498-0



9 783863 094980

www.uni-bamberg.de/ubp/