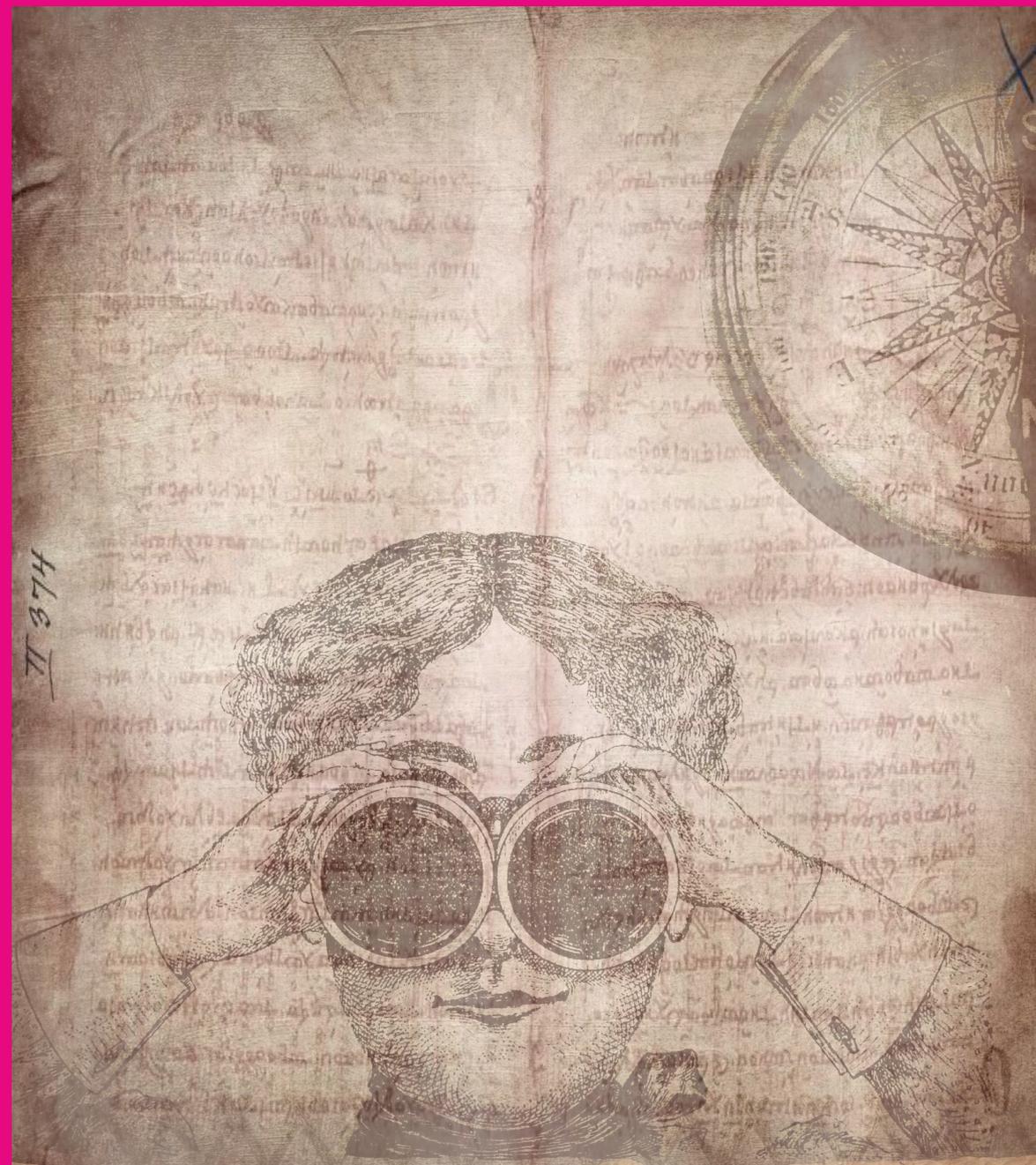


„Erfinder – Erforscher – Erneuerer“ lautete der Titel der althistorischen Tagung, die im April 2018 Vertretern der erweiterten Altertumswissenschaften die Möglichkeit bot, Fragen zu „Innovationen“ zu diskutieren. Auf der Basis der schriftlichen und materiellen Hinterlassenschaft diverser antiker Zeiten und Kulturen wurde versucht, quellenkritisch Einblick in Entstehung und Entwicklung, aber auch in gesellschaftliche Vorstellungen von „Neuem“ zu gewinnen. Im aktuellen Band, dem nunmehr 5. der Reihe „Salzburger Kulturwissenschaftlichen Dialoge“, liegen die Ergebnisse dieser fachspezifischen Tagung vor. Somit bietet auch vorliegende Publikation Neuerungen: Während bei den bisherigen Trilogien dieser Reihe (Geld – Gier – Gott, Mensch – Mythos – Maschine, Schmerz – Sehnsucht – Seligkeit, Trickster – Troll – Trug) der wissenschaftliche Zugang aus der Perspektive von Lehrenden und Forschern unterschiedlichster wissenschaftlicher Disziplinen erfolgte, ist der Fokus hier nahezu ausschließlich auf altertumswissenschaftliche Disziplinen gerichtet.

ERFINDER – ERFORSCHER – ERNEUERER

Monika Frass, Johannes Klopff, Manfred Gabriel (Hrsg.)

ERFINDER – ERFORSCHER – ERNEUERER



ISBN 978 3 902776 36 5



www.parabuch.at
Paracelsus Buchhandlung & Verlag

Die Anwendung der Hydraulik im römischen Goldbergbau am Beispiel des römischen Goldbergbaus im „Karth“, einer Landschaft im südlichen Niederösterreich

Brigitte Cech, Robert Scholger, Frank Stremke und Günther Weixelberger

Gold ist ein verwitterungsbeständiges Metall, das immer in metallischer Form vorkommt und nicht wie andere Metalle durch Reduktion aus Erz erschmolzen werden muss. Nach Art der Lagerstätte wird zwischen Berggold (primäre Lagerstätte) und Seifengold (sekundäre Lagerstätte) unterschieden. Berggoldvorkommen werden über Stollen und Schächte zugänglich gemacht. Durch die mechanische Verwitterung primärer Goldlagerstätten kommt es zur Bildung von Seifenlagerstätten. Das verwitterte Gestein wird durch Wind oder, was häufiger der Fall ist, durch Wasser verlagert. Verwitterungsbeständige und schwere Mineralien wie Gold werden als feiner Staub, Blättchen oder Körner (Nuggets) in Flüssen oder Sedimentkörpern abgelagert.

Die älteste und einfachste Methode der Goldgewinnung aus Seifenlagerstätten ist das Waschen des goldhaltigen Sandes in einer Waschpfanne. Etwas effizienter ist das Waschen in hölzernen Waschrinnen, deren Boden rau belassen wird und Vertiefungen aufweist oder mit Fellen ausgelegt ist. Waschen in Waschpfannen oder hölzernen Rinnen, wie es seit prähistorischer Zeit betrieben wird, hinterlässt keine archäologischen Spuren und ist nur bei lockeren Sedimenten, wie dem Sand von Flüssen, möglich. Mächtige, kompakte und mit großen Felsblöcken durchsetzte Seifenlagerstätten können mit diesen einfachen Methoden nicht abgebaut werden. Da das Gold unregelmäßig in der Lagerstätte verteilt ist und man nicht einem Gang folgen kann, ist auch der Abbau über Stollen und Schächte nicht zweckmäßig. Erst die Römer, die begnadete Vermessungs- und Wasserbauingenieure waren, fanden Methoden, auch derartige Lagerstätten abzubauen, indem sie die Kraft des Wassers nutzten um die Lagerstätte zu zertrümmern und das Gold aus dem Verband zu lösen.

Hydraulischer Bergbau – Eine bahnbrechende Innovation

Beim hydraulischen Abbau von Seifenlagerstätten wird Wasser über lange Wasserleitungen in Staubecken oberhalb der Lagerstätte gesammelt. Nachdem die Oberfläche der Lagerstätte gerodet und mechanisch gelockert

wurde, wird das Wasser aus den Staubecken über Gerinne mit großem Gefälle über die Lagerstätte geleitet. Durch die Kraft des herabstürzenden Wassers werden große Steine weggespült bzw. freigelegt und die Oberfläche der Lagerstätte wird gelockert. Stürzt das Wasser durch Schächte und Stollen, bringt es diese zum Einsturz. Das durch das Wasser weggespülte Material wird ebenso wie die neu geschaffene Oberfläche nach Erz abgesucht und der Vorgang wiederholt. Zuweilen wird auch kontinuierlich fließendes Wasser direkt aus den Wasserleitungen über die Lagerstätte geleitet. Die wichtigsten Indizien für Ausschwemmen sind Wasserleitungskanäle und Staubecken oberhalb der Lagerstätte. Die Lagerstätte selbst, beziehungsweise, was von ihr noch vorhanden ist, ist von steilen tiefen Rinnen durchzogen und wild zerklüftet.

Der älteste Nachweis hydraulischen Abbaus ist eine Stelle bei Strabon (4, 6, 7):

Das Land der Salasser enthält Goldgruben, welche früher die mächtigen Salasser besaßen, sowie sie auch Herren der Zugänge waren. Am meisten aber nützte ihnen in bezug auf die Gewinnung des Goldes der Fluss Duria durch die Goldwäschen, weshalb sie an vielen Stellen das Wasser in die Abzugsrinnen verteilten und den Hauptstrom entleerten. Dies nun zwar für die Gewinnung des Goldes vorteilhaft, ärgerte aber die, welche die unterhalb jener gelegenen Ebenen bebauten und der Bewässerung entbehrten.

Diese Textstelle bezieht sich auf Bessa, eine Region am Ausgang des Aostatales, südlich der Stadt Biella. Die noch heute im Gelände sichtbaren Relikte dieses Goldbergbaus sind mächtige Geröllhalden und Kanäle. Archäologische Untersuchungen datieren diesen Goldbergbau in das 2./1. Jh. v. Chr.¹

Als in augusteischer Zeit auch der Nordwesten Spaniens Teil des römischen Reiches wurde, perfektionierten die römischen Ingenieure, aufbauend auf ihren Kenntnissen des Vermessungswesens und des Wasserleitungsbaus und den im Bergbaugesamt Bessa gesammelten Erfahrungen, den hydraulischen Abbau. Erst dadurch wurde es möglich, die reichen sedimentären Goldlagerstätten dieser Provinz großflächig und gewinnbringend abzubauen.

Eine genaue Beschreibung des hydraulischen Bergbaus verdanken wir Plinius dem Älteren der im Jahr 73 n. Chr. *procurator Augusti* in der Provinz Hispania Tarraconensis war. Als *procurator* war er für die Finanzen der Provinz und die Eintreibung der Steuern und damit auch für den Goldbergbau zuständig, der kaiserliches Eigentum war.² In seiner *naturalis historia* beschreibt er die Technik des Ausschwemmens, die er „Zerstörung der

1 Domergue 2008, 129-130, Brecciarolli Taborelli 2011.

2 Domergue 1990, 279 f.; zur faktischen Monopolisierung der Goldgewinnung bereits in der frühesten Kaiserzeit für Noricum vgl. Strab. 4.6.12 und Thür 2005.

Berge“ (*ruina montium*) nennt, so anschaulich, dass es nahe liegt, dass er während seiner Prokuratur einen dieser Bergbaubetriebe besuchte.

Die erste Arbeit ist der Bau der Wasserleitungen. In eindrucksvoller Weise beschreibt Plinius diese Arbeit im zum Teil sehr unwegsamem Gelände:

Zum Auswaschen leiten sie über Bergrücken aus einer Entfernung von meist 100 Meilen (148 km) Flüsse heran. [...] Täler und Niederungen werden durch Wasserleitungsbrücken miteinander verbunden. An anderen Stellen werden im Wege stehende Felsen durchschlagen und gezwungen, als Lager für Holzrohre zu dienen. Der Häuer hängt an Seilen, so dass er von ferne nicht einmal wie ein wildes Tier, sondern wie ein Vogel aussieht. Zum größeren Teil hängend, bestimmen sie mit der Waage das Gefälle und markieren die Richtung; wo der Mensch keinen Platz hat, seinen Fuß zu setzen, werden vom Menschen Ströme geführt. [...] An der obersten Stelle des Absturzes am Rande der Berge werden Wasserbehälter ausgehoben, die nach jeder Seite 200 Fuß (59,2 m) lang und ungefähr 10 Fuß (2,96 m) tief sind. In ihnen werden fünf Abzugskanäle von ungefähr drei Quadratfuß (~ ¼ m²) gelassen, so dass, wenn sich das Becken gefüllt hat und die Zapfen herausgestoßen wurden, der Strom mit solcher Kraft hervorbricht, dass er die Felsbrocken fortwältzt (Plin. nat. 33,74-75).

Gleichzeitig wird die Lagerstätte durch Stollen und Schächte erschlossen:

Nachdem man Stollen über weite Strecken getrieben hat, höhlt man Berge unter Lampenlicht aus; dies dient auch als Maß für die Dauer der Wachen und viele Monate lang sieht man die Tageshelle nicht (Plin. nat. 33,70).

Als nächstes werden die Schleusen der Staubecken geöffnet und das Wasser schießt mit großer Geschwindigkeit durch die Stollen und Schächte und bringt sie zum Einsturz: Der zerbrochene Berg fällt weithin auseinander mit einem Krachen, das vom menschlichen Sinn nicht erfasst werden kann, zugleich mit einem unglaublichen Windstoß. Als Sieger blicken die Bergleute auf den Einsturz der Natur. Und doch hat man bis jetzt noch kein Gold und wusste auch nicht, als man grub, ob eines vorhanden ist; zu hoffen auf das, was man haben will, war ausreichend Grund für so große Gefahren und Kosten (Plin. nat. 33,73).

Die nächste anfallende Arbeit ist das Waschen des abgebauten Materials. Nach dem händischen Aussortieren der großen Steine wird die Feinfraktion in Waschrinnen gewaschen:

Die Gräben, durch die das Wasser fließt, werden ausgehoben und Stufe für Stufe mit Heidekraut belegt. Es handelt sich um einen dem Rosmarin ähnlichen Strauch, der rau ist und das Gold zurückhält. Die Seiten werden mit Brettern eingefasst, und über steile Gelände werden die Rinnen abgestützt. So wird der zerbrochene Berg aufgelöst. [...] Das Heidekraut wird getrocknet, verbrannt und seine Asche über einer Unterlage von dichtem Rasen gewaschen, damit sich das Gold absetzt (Plin. nat. 33,76-77).

Das wohl bekannteste und am besten dokumentierte Bergbaurevier, in dem die Technik des Ausschwemmens zur Anwendung kam, ist Las Médulas in Nordwestspanien, seit 1997 UNESCO Weltkulturerbe.³ (Abb. 1) Die im Tertiär entstandene Seifenlagerstätte besteht aus hartem kompaktem Konglomerat aus Tonmineralen, Sand und abgerundetem Geröll, in dem das Gold unregelmäßig verteilt eingeschlossen ist. Der Sand der Bäche und Flüsse in der Umgebung von Las Médulas enthält ebenfalls Gold. Dieses Flussgold wurde bereits in vorrömischer Zeit durch Waschen gewonnen.⁴ Der Abbau des goldreichen Konglomerats der Lagerstätte von Las Médulas und zahlreicher weiterer Lagerstätten desselben Typs in Nordwestspanien⁵ wurde erst durch Einsatz der Wasserkraft in römischer Zeit möglich. Alle in Las Médulas heute noch sichtbaren Bergbauspuren, wie Stollen und Schächte, stammen aus römischer Zeit.



Abbildung 1: Das Bergbaugebiet von Las Médulas in Nordwestspanien (Foto: B. Cech).

Diese brutal effiziente Abbaumethode hat die Landschaft nachhaltig verändert: Ganze Berge wurden abgetragen und durch die Ablagerung des tauben Sedimentgesteins wurden Täler aufgefüllt und Ebenen geschaffen. Die Blockierung von Flussläufen führte zur Entstehung von Seen. Die Spuren aller von Plinius beschriebenen Arbeitsgänge sind noch heute im Gelände deut-

3 López 2005, Sánchez-Palencia et al. 1999.

4 Sánchez-Palencia et al. 1999, 55–57.

5 Domergue 1990, 568, carte 6.

lich zu erkennen: Wanderwege führen entlang des über 400 km langen Netzes von Wasserleitungskanälen, die teilweise in den anstehenden Fels gemeißelt wurden (Abb. 2) und durch die bizarre Landschaft des ehemaligen Bergbaureviers, in den wenigen noch vorhandenen Stollen liegt das im Lauf der Jahrhunderte wieder zu Konglomerat erhärtete Material des letzten Abbaus (Abb. 3). Am Fuß der Lagerstätte führen die von aussortiertem Geröll und Hügeln aus tauber Feinfraktion gesäumten Kanäle für die Waschrinnen talabwärts zum Rio Sil, über den das Wasser abgeführt wurde (Abb. 4).⁶



Abbildung 2: Wasserleitungskanal in Las Médulas, Nordwestspanien (Foto: B. Cech).

6 Sánchez-Palencia et al. 2008.



Abbildung 3: Wieder zu Konglomerat erhärtetes abgebautes Material-Las Médulas, Nordwestspanien (Foto: B. Cech).



Abbildung 4: Von Halden gesäumter Waschkanal-Las Médulas, Nordwestspanien (Foto: B. Cech).

Es wird angenommen, dass rund 4.400 Arbeiter in diesem großen Bergbaubetrieb beschäftigt waren. Für Bergbau und Aufbereitung dürften das etwa 2.800 Mann, für den

Wasserbau 800 und für Verwaltung, Aufsicht und Technik ebenfalls 800 Mann gewesen sein. Das Weiterbestehen vorrömischer Höhensiedlungen sowie die Neugründung weiterer Siedlungen in den Jahrzehnten nach der römischen Eroberung Nordwestspaniens im Jahr 25 v. Chr. sind deutliche Hinweise darauf, dass die einheimische Bevölkerung die Arbeitskräfte für den römischen Goldbergbau stellte.⁷ Der Bergbau von Las Médulas war von 30/40 n. Chr. bis zum Ende des 2./Anfang des 3. Jh.s n. Chr. in Betrieb.⁸ In einer Betriebszeit von 160 bis 190 Jahren wurden 90 Mio. m³ Material abgebaut und rund 4.700 kg Gold gewonnen⁹, was in etwa einem Würfel von 62 cm Seitenlänge entspricht.

Die Kraft des Wassers wurde in römischer Zeit nicht nur zum Zertrümmern und Auflösen von Seifenlagerstätten genutzt, sondern sie kam auch beim Abbau von Primärlagerstätten zum Einsatz, wie in dem ebenfalls gut dokumentierten Bergbaurevier von Dolaucothi in Wales, wo Staubecken und Wasserleitungen vom Einsatz der Wasserkraft zeugen.¹⁰ In diesem Bergbaurevier findet sich Gold sowohl in einem Netz feiner Quarzgänge und größerer Quarzlinsen in Pyritschiefer als auch in Form von goldhaltigem Pyrit/Arsenopyrit.¹¹ Bedingt durch Verwitterung kommt das Gold in der Verwitterungszone auch in Form unterschiedlicher großer Körner vor. Bedingt durch den Lagerstättentyp wurde die Wasserkraft anders eingesetzt als in Spanien und im „Karth“. In einem ersten Schritt wurde das Wasser aus den Staubecken dazu genutzt, den Oberboden abzuschwemmen und so die Quarzgänge sichtbar zu machen. Etwaige in der verwitterten Oberfläche der Lagerstätte vorhandene Goldkörner wurden aussortiert. Diese Quarzgänge wurden in konventioneller bergmännischer Technik mit Schlägel und Eisen und Keilen abgebaut. Dann wurden die goldführenden Quarze aussortiert und dem Aufbereitungsprozess zugeführt. Das Taubmaterial wurde mit einem Wasserschwall aus den Becken weggespült. Wenn der Tagebau für diese Methode zu tief geworden war, wurde im Untertagebau weitergearbeitet.¹²

7 Sánchez-Palencia et al. 1999, 101–115; López 2005, 66; Orejas – Sánchez-Palencia 2002.

8 Sánchez-Palencia et al. 1999, 116–121; López 2005, 68–69.

9 Domergue 2008, 139.

10 Burnham – Burnham 2004, Burnham 1997, Lewis – Jones 1969, Lewis 1977.

11 Annels 1995.

12 Lewis 1977, 26–27.

Das römische Goldbergbaurevier im „Karth“

Topografie und Forschungsgeschichte

Das „Karth“ ist eine 4 bis 5 km südöstlich von Neunkirchen liegende bewaldete, sanft hügelige Hochfläche, die im Norden und Nordwesten vom Wiener Becken, im Osten vom Pittental, im Süden vom Hassbachtal und im Südwesten vom Syhrngraben begrenzt wird. Die nur gering reliefierte Hochfläche fällt von Norden nach Süden leicht ab. Die Randzonen sind von tiefen Erosionsrinnen durchzogen, die auf den wasserundurchlässigen Untergrund (Glimmerschiefer und Semmeringquarzit) und der darüber liegenden leicht erodierbaren Loipersbacher Rotlehmserie (nach neuer Nomenklatur Loipersbach Formation) zurückzuführen sind. Im Osten – Richtung Pittental – sind die Erosionsrinnen, bedingt durch die römische Bergbautätigkeit, sehr stark ausgeprägt.

Die noch heute deutlich sichtbaren Relikte des römischen Bergbaus sind Staubecken, Wasserleitungstrassen und tief eingeschnittene Abbaubereiche unterhalb der Staubecken. Diese Geländebefunde sind schon seit langer Zeit bekannt, wurden jedoch zunächst als Altwege, prähistorische Heiligtümer, Befestigungsanlagen unbekannter Zeitstellung, Staubecken unbekannter Verwendung und Lehmgruben interpretiert.¹³ Georg Reisner kommt das Verdienst zu die Wasserleitungstrassen, die im Volksmund „Entwege“ genannt werden, als verlandetes Wasserleitungsnetz, das mit Bergbau in Zusammenhang steht, erkannt zu haben.¹⁴ Im Jahr 2010 konnten diese Anlagen im Rahmen eines Projektes zu mittelalterlichen Burgen im „Karth“ eindeutig als Relikte römischen Goldbergbaus identifiziert werden.¹⁵ Zahlreiche römische Altfunde (Münzen, Fibeln und Werkzeuge) aus dem „Karth“ bestätigen eine Datierung in die römische Kaiserzeit.¹⁶ Im Zusammenhang mit dem Bergbau sind besonders die Werkzeugfunde von großem Interesse. Eine kleine Auswahl dieser Funde soll hier vorgestellt werden. An Werkzeug für die Waldarbeit und für Zimmermannsarbeiten gibt es Äxte (Abb. 5/1), ein Beschlagbeil zum Glätten von Holzoberflächen (Abb. 5/2), ein Zugmesser zum Glätten der Oberfläche von Brettern (Abb. 5/3), ein Hobeleisen (Abb. 5/4), Löffelbohrer (Abb. 5/5), Spiralbohrer (Abb. 5/6) und Stechisen (Abb. 5/10) zum Vorbohren von Nagellöchern, Hohleisen zum Ausstemmen und Nachputzen runder Löcher (Abb. 5/7), so wie Stemmeisen (Abb. 5/8) und Flachmeißel (Abb. 5/9). Weiters gibt es mehrere Stechzirkel

13 Danzer 1964/65, Rigler 1980. Eine umfassende Zusammenstellung der Forschungsgeschichte siehe Kühnreiter 2013, 3-11.

14 Reisner 2008. Vgl. dazu auch die Beschreibung des Schwarzataler Entweges von Maywald (2007), der ebenfalls von der Interpretation als Römerstraße Abstand nimmt.

15 Cech und Kühnreiter 2013, 5-9, Cech, 2014.

16 Lang 2010, Cech und Kühnreiter 2013, 32-71.

zum Anreißen von Kreisen und Massen und zum Teilen von Längen (Abb. 5/11).

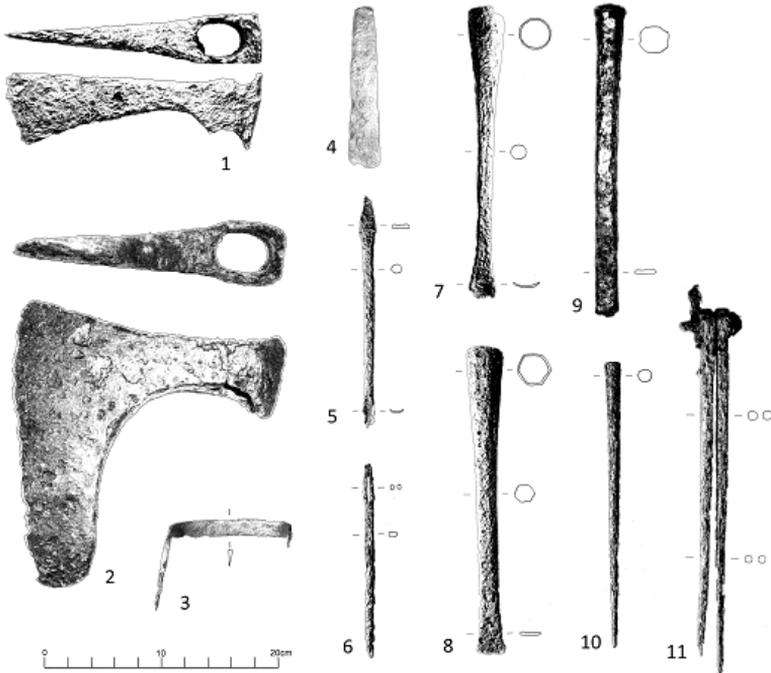


Abbildung 5: Altfunde aus dem „Karth“: Zimmermannswerkzeug: 1-Axt, 2-Beschlagbeil, 3-Zugmesser, 4-Hobeleisen, 5-Löffelbohrer, 6-Spiralbohrer, 7-Hohleisen, 8-Stemmeisen, 9-Flachmeissel, 10-Stecheisen, 11-Stechzirkel.

Einer der wichtigsten Handwerker in jedem Bergbaubetrieb ist der Schmied. Werkzeuge müssen instand gehalten werden und im Bedarfsfall wurden spezielle Werkzeuge und Geräte vor Ort hergestellt. An Schmiedewerkzeug gibt es einen Blockamboss (Abb. 6/1), Schmiedehämmer (Abb. 6/2), einen Doppelfinnenhammer zum Breiten von Werkstücken (Abb. 6/3) und Vorschlaghammer (Abb. 6/4). An Gezähe für den Bergbau gibt es verschiedene Typen von Keilhauen (Abb. 7/1 und 2) und Kratzen (Abb. 7/3 und 4). Deutliche Hinweise auf Goldgewinnung sind zahlreiche Gewichte keiner Denomination (16,7 bis 537 g) zum Wägen des gewonnenen Goldes und eine Tiegelzange (Abb. 8), was ein Hinweis darauf ist, dass das Gold für den Transport vor Ort in Barren gegossen wurde.



Abbildung 6: Altfunde aus dem „Karth“: Schmiedewerkzeug: 1-Blockamboss, 2-Schmiedehammer, 3-Doppelfinnenhammer, 4-Vorschlaghammer.

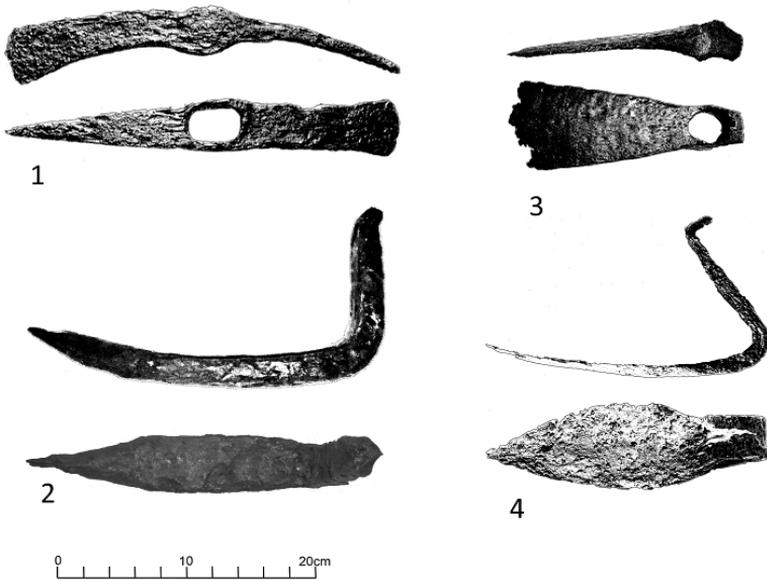


Abbildung 7: Altfunde aus dem „Karth“: Bergbauwerkzeug: 1, 2-Keilhauen, 3, 4-Kratzen.



Abbildung 8: Altfunde aus dem „Karth“: Tiegelzange.

Am 1. Jänner 2018 begann ein vierjähriges, vom Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanziertes interdisziplinäres Projekt zur Erforschung dieses bis dato einzigen in den Ostalpen bekannten römischen Goldbergbaurevieres (Projekt P30709-G25; Projekt website: <http://stremke-archaeology.net/goldbergbau/index.html>). Folgende Wissenschaftsdisziplinen sind von Beginn an am Projekt beteiligt: Projektleitung und Archäologie: Brigitte Cech (Wien), Vermessung und Kartographie: Frank Stremke (Bremen), Geologie: Günther Weixelberger (Pitten), Geophysik: Robert Scholger (Universität Leoben), Pollenanalytik: Klaus Oeggel (Universität Innsbruck), Hydraulik: Martin Fuchs (Firma Pöyry Wien), Geländeaufnahme der Wasserleitungen: Thomas Fleck, Nadine Riegler, Markus Foidl (Weibnitz).

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Geländebegehungen und archäologischen Ausgrabungen (Stand Herbst 2018) vorgestellt.

Geologie¹⁷

Die in römischer Zeit im „Karth“ abgebauten Goldvorkommen sind Goldseifen der Loipersbacher Rotlehmserie. Diese sedimentären Materialien liegen den Gesteinen des Grundgebirges – vornehmlich Glimmerschiefer sowie Semmeringquarzit und Karbonat des zentralalpiner Permo-mesozoikums – transgressiv auf. Flächenmäßig erstreckt sich die Loipersbacher Rotlehmserie von Wartmannstätten im Westen bis Guntrams (Gemeinde Schwarzau im Steinfeld) im Osten. Im Norden taucht sie entlang der Linie Wartmannstätten – Natschbach – Loipersbach – Guntrams unter die quartären Sedimente der Schwarza. Im Süden reichen ihre Ausläufer bis Thann (Abb. 9). Während die Rotlehmserie im Norden einen mächtigen und durchgehenden Sedimentkomplex darstellt, dünnt sie gegen Süden bis Südosten, also Richtung Thann und Witzelsberg, zusehends aus. Dort tritt das Grundgebirge immer wieder fensterförmig durch die Rotlehmserie hindurch.

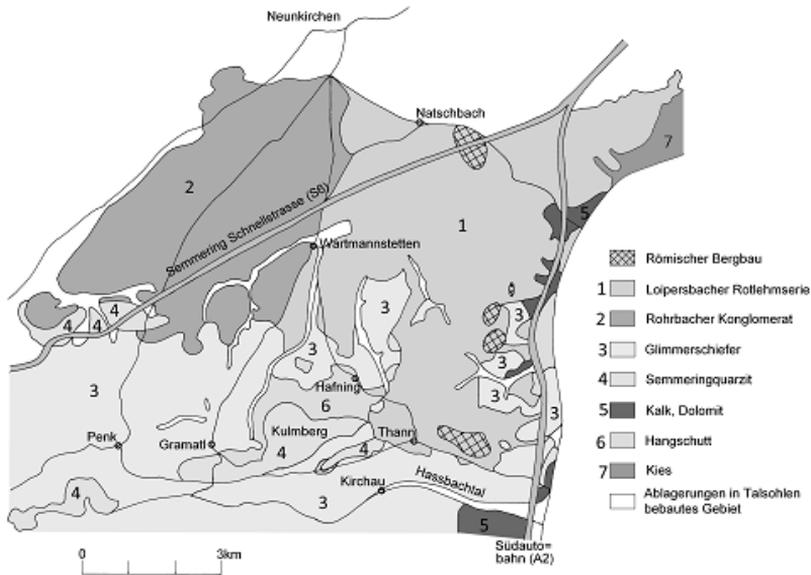


Abbildung 9: Geologische Übersichtskarte (nach: Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000, Blatt 105 und 106).

Hinsichtlich ihres materiellen Inhaltes handelt es sich vorwiegend um rötliche bis rotbraune und zum Teil auch grünliche Lehme, in denen häufig Gerölle, bis hin zu Blockschotterlagen, zu finden sind. Bei den Geröllen dominieren bei Weitem Quarze, die sowohl als (Semmering) Quarzite als auch

17 Geolog. Karte 1992 und 1995, Schnabel 2002, Fuchs et al. 2008, Wessely 2005.

Gangquarze anzusprechen sind. Untergeordnet finden sich auch verschiedene Kristallingerölle. Kalkalpine Komponenten fehlen völlig. Die Form der Gerölle reicht von untergeordnet kantgerundet bis hin zu vielfach gerundet, oft sogar sehr gut gerundet. Neben der dominierenden Korngröße der Grobkomponenten in der Kiesfraktion sind auch sehr häufig Steine und Blöcke zu finden, wobei letztere Durchmesser bis $> 1\text{ m}$ erreichen können!

Die Sedimente der Loipersbacher Rotlehmserie zeigen keine klare Schichtung, nur selten sind sedimentäre Differenzierungen zu erkennen, z.B. in Form lagenweise auftretender Grobschotter oder größerer zusammenhängender Sandkomplexe. Im Zuge der Geländearbeiten konnte auch hinsichtlich der Färbung eine leichte Unterscheidung festgestellt werden. Ob es sich dabei um zwei (oder mehrere?) klar zu differenzierende Bereiche handelt, wird Gegenstand der in den nächsten Jahren folgenden Untersuchungen sein.

Auffällig ist der Umstand, dass die basalen Einheiten der Rotlehmserie einen erhöhten Anteil an besonders großem Blockwerk aufweisen. Dies wird vor allem in jenen Bereichen augenscheinlich erkennbar, in denen der römische hydraulische Bergbau bis in die tiefsten Einheiten gereicht hat – erkennbar auch daran, dass dort lokal und punktuell sogar das liegende Grundgebirge zutage tritt. Diese grobblockigen Quarzkomponenten wurden bis nach Ende des 2. Weltkrieges abgebaut bzw. die freiliegenden Komponenten abtransportiert und für bauliche Zwecke wie auch eine industrielle Verhüttung (Glasproduktion) verwendet.

Die Akkumulationsbedingungen der Rotlehmserie weisen nach derzeitigem Kenntnisstand auf terrestrische Bildungen unter semiariden klimatischen Bedingungen hin.

Hinsichtlich des Alters wird die Rotlehmserie in das unterste Pliozän gestellt, eine Verzahnung mit der „Rohrbach- und Ternitz Formation“ (ehem. Rohrbacher Konglomerat) und damit eine synsedimentäre Entstehung wird angenommen.

Die Aufnahme der Geländebefunde

Erfassung und Vermessung von Geländebefunden sind wichtige Bestandteile archäologischer Prospektion und Ausgrabung. Die im Rahmen des Projektes durchgeführten Vermessungsarbeiten wurden mittels verschiedener Verfahren durchgeführt, wobei sowohl GPS und Tachymeter zum Einsatz kommen. Beide Verfahren sind jedoch aufgrund der dichten Bewaldung nur bedingt anwendbar. Die GPS Vermessung wird durch die Kronen der Bäume, die das Signal der Satelliten stark stören und abschwächen erschwert. Die terrestrische Vermessung mittels Tachymeter wird durch das dichte Unterholz behindert, das bewirkt, dass immer nur kurze Sichtachsen gemessen werden können bevor das Messgerät umgebaut werden muss. Da

diese beiden Verfahren sehr eingeschränkt und nur mit viel Aufwand angewandt werden können ist ihre Anwendung auf die Vermessung der Grabungs- und Geophysikflächen beschränkt. Die im Wald verstreut liegenden Becken und Wasserleitungstrassen lassen sich so nicht vollständig erfassen. Daher sind wir zu deren Lage und Höhenbestimmung auf die Daten der LIDAR Vermessung des Landes Niederösterreich angewiesen, die uns freundlicherweise von den im Forschungsgebiet liegenden Gemeinden aus Bestandsdaten zur Verfügung gestellt wurden. LIDAR (Light Detection And Ranging) ist ein modernes Vermessungsverfahren, das es ermöglicht, aus der Luft mittels Laser große Flächen abzutasten und so genaue topografische Modelle zu erstellen. Von einem Laser an Bord des Flugzeuges wird dazu ein kontinuierlicher Strahl auf einen rotierenden Spiegel abgegeben, der das Licht in einem Zickzack Muster auf die unter dem Flugzeug vorbeiziehende Landschaft projiziert. Ein Sensor registriert alle zurück reflektierten Laserstrahlungen (und ihre Laufzeiten und damit die vom Licht zurückgelegte Strecke) und korreliert sie mit dem Winkel des rotierenden Spiegels und der aus GPS Messungen bekannten Position des Flugzeuges. Damit kann die dreidimensionale Lage des reflektierten Signals bestimmt werden. Die gesammelten Daten werden anschließend in aufwändigen Verfahren bearbeitet und analysiert. Zu jedem Areal am Boden (z.B. 1 m^2) wird das erste reflektierte Signal (first return) und das letzte reflektierte Signal (last return) ausgefiltert. Die Daten des first return stellen dabei die erste feste Oberfläche dar, die das Licht trifft, z.B. die Blätter der Baumkronen. Das last return Signal stellt die letzte feste Oberfläche dar, die das Signal reflektiert, also z.B. die Oberfläche des Waldbodens. Mittels der 3D Punkte mit Lage und Höhe der last return Daten lassen sich somit digitale Geländemodelle erstellen, die das Gelände ohne Bewuchs und Bebauung darstellen. Dieses digitale Geländemodell kann nun für weitere Analysen verwendet werden.

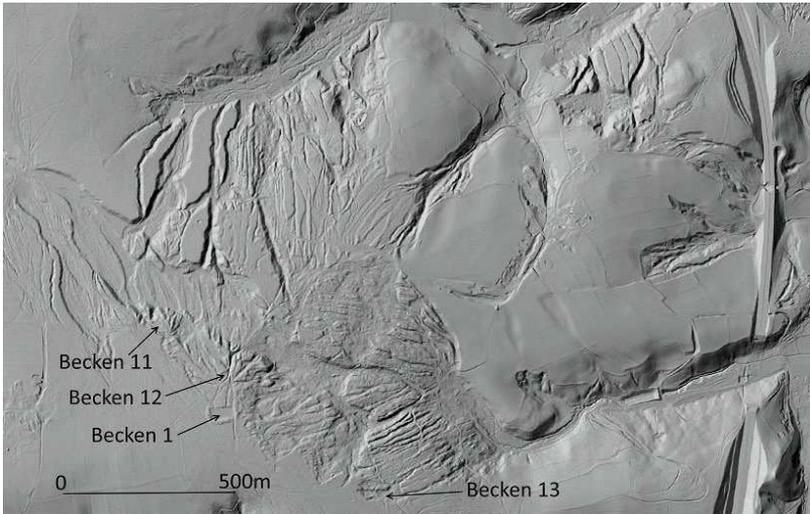


Abbildung 10: Das stark zerklüftete Abbaugbiet 1 im LIDAR scan (LIDAR Daten Land NÖ).

Das Bergbaurevier umfasst inklusive der Einzugsgebiete der Wasserleitungen eine Fläche von rund 70 km². Die Ortung und Aufnahme der zahlreichen erhaltenen Geländebefunde gestaltet sich im bewaldeten und durch den Abbau stark zerklüfteten Gebiet äußerst schwierig und wäre ohne Zuhilfenahme von LIDAR scans kaum durchzuführen. Mittels rechnerischer Schattierung der bewuchsfreien Oberfläche gelingt es, auch feine Geländeunebenheiten, wie Wasserleitungstrassen und Staubecken sichtbar zu machen, die teilweise im Gelände nicht mehr erkennbar sind (Abb. 10). Somit bilden die LIDAR Daten eine unverzichtbare Hilfe für die gezielte Durchführung von Geländebegehungen. Ein weiterer Vorteil der LIDAR Daten ist, dass sie von vornherein georeferenziert sind und man so Koordinaten, Höhen, aber auch Formen und Profile bequem am Computer abgreifen kann. Für die Darstellung großflächiger Kulturlandschaften ist die Genauigkeit der LIDAR Daten durchaus ausreichend. Grabungsschnitte und geophysikalische Messprofile, die größere Genauigkeit erfordern, werden, wie bereits gesagt, terrestrisch eingemessen.

Die Geländebefunde

Die Abbaugelände und Staubecken

Die Abbaugelände sind durch ein oder mehrere Staubecken am oberen Ende und tief ausgewaschene Gräben und Rinnen unterhalb der Staubecken gekennzeichnet. Bis dato konnten fünf Abbaugelände mit 16 Staubecken unterschiedlicher Größe geortet werden. Abbildung 11 gibt einen Überblick über die Abbaugelände und die Wasserleitungen (Forschungsstand Herbst 2018) und Abbildung 12 zeigt den LIDAR scan des Bergbaugeländes im „Karth“ mit den Abbaugeländen und der bislang best dokumentierten Wasserleitung 1, die im Volksmund „Schwarzataler Entweg“ genannt wird.

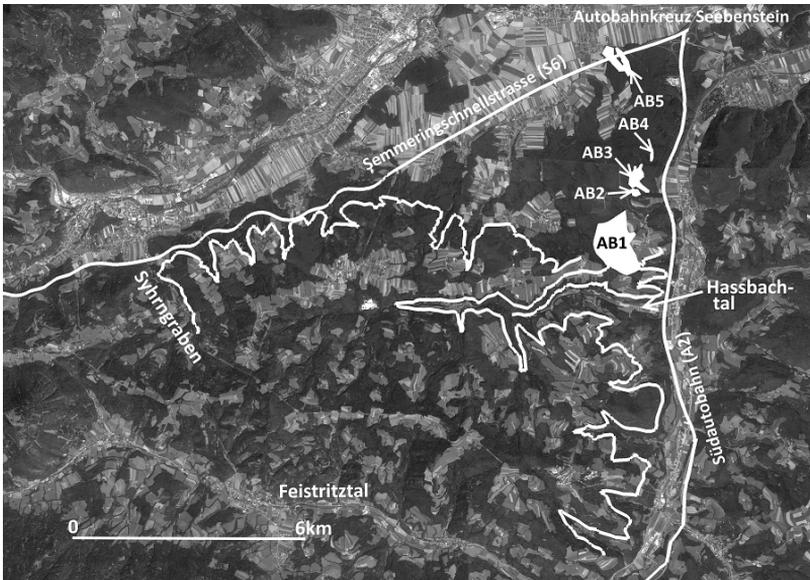


Abbildung 11: Das Bergbaugelände mit den Abbaugeländen und Wasserleitungen-Forschungsstand Herbst 2018 (Google Earth 2018: Image Landsat/Copernicus).

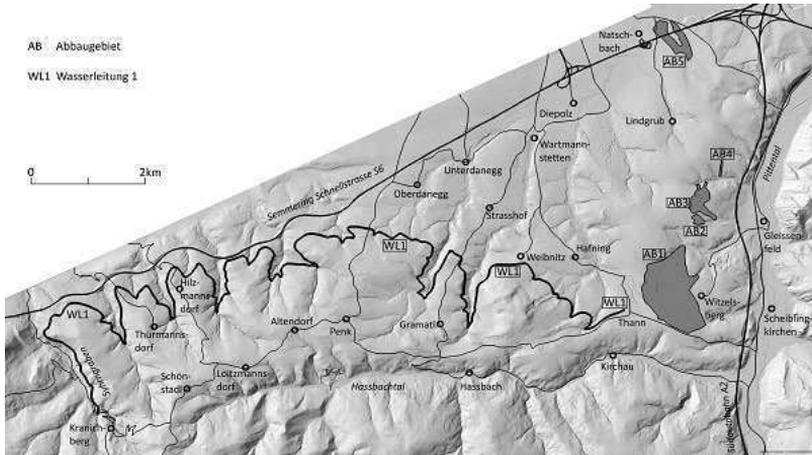


Abbildung 12: Das „Karth“ mit den Abbaugeländen und dem Verlauf von Wasserleitung 1 im LIDAR scan (Forschungsstand Herbst 2018) (LIDAR Daten Land NÖ).

Das bei weitem größte Abbaugelände ist Abbaugelände 1 (AB1) mit einer Fläche von rund 1,1 km², gefolgt von Abbaugelände 5 (AB5) mit rund 0,4 km², Abbaugelände 3 (AB3) mit rund 0,15 km², Abbaugelände 2 (AB2) mit rund 0,04 km² und Abbaugelände 4 (AB4) mit rund 0,01 km² Fläche. Jedes Abbaugelände besteht aus einem bzw. mehreren Staubecken am topografisch oberen Rand der Lagerstätte, wobei zwischen Becken erster und zweiter Ordnung unterschieden werden kann. Becken erster Ordnung sind sehr große Becken, wie zum Beispiel Becken 1 in AB1, das eine Größe von rund 80 mal 43 m mit einer Fläche von rund 3440 m² (Masse bezogen auf Wallkronen) aufweist. Becken mit großen Fassungsvermögen wurden direkt von den Wasserleitungen gespeist und dienten im Wesentlichen zum Aufstauen des Wassers (Sammelbecken). Von diesen Becken wurde das Wasser zu tiefer gelegenen kleineren Becken geleitet, aus denen es gezielt zum Ausschwemmen/Ausspülen der Lagerstätte genutzt wurde (Spülbecken). Der große Vorteil dabei ist, dass die Menge des zum Ausschwemmen der Lagerstätte benutzten Wassers besser reguliert werden kann und damit auch die Menge des bei einem Schwemmvorgang ausgeschwemmten Materials überschaubar bleibt und aufbereitet werden kann bevor sich das tonige Material der Rotlehmserie wieder verfestigt. Der Vergleich der ursprünglichen Topografie mit den durch den Bergbau stark erodierten Gräben sowie die Lage der Becken weisen darauf hin, dass der hydraulische Bergbau in allen Abbaugeländen nach Möglichkeit an natürlich vorhandenen Gräben seinen Anfang nahm. Die Form der Staubecken ist abhängig von der örtlichen Topografie, sie können langrechteckig, annähernd quadratisch oder oval sein.

Nach Möglichkeit wurde die dem Abbaubereich abgewandte Seite an den Hang angebaut. Das Innere der Becken wurde ausgehoben und die Stauwälle mit dem Aushubmaterial aufgeschüttet. An den Auslaufkanälen befand sich ein Hubschütz, das heißt eine wahrscheinlich aus Holz bestehende Platte, die mittels Seilzug gehoben und gesenkt werden konnte. Der Zulaufkanal war mit Sicherheit ebenfalls mit einer Holzplatte so versperrt, dass das Wasser nur entlang der Beckensohle zufließen konnte, um einen Rückstau im Wasserleitungskanal zu verhindern.

Bedingt durch die Tatsache, dass im „Karth“ zu keiner Zeit intensive Landwirtschaft betrieben wurde, sind die meisten Staubecken ausgezeichnet erhalten und im Gelände deutlich zu erkennen. Abbildung 13 und 14 zeigen Becken 1 (AB1). Dieses bislang größte bekannte Becken mit bis zu 3 m hoch erhaltenen Stauwällen hat einen Einlauf in der Südostecke und drei Auslaufkanäle im Norden zum Abbaubereich bzw. zu weiteren kleinen Becken.

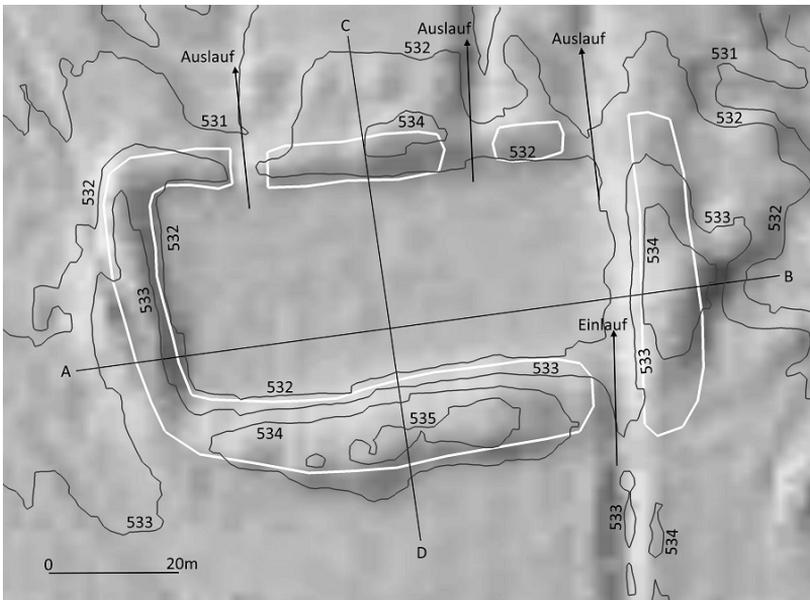


Abbildung 13: Becken 1 im LIDAR scan (LIDAR Daten Land NÖ).

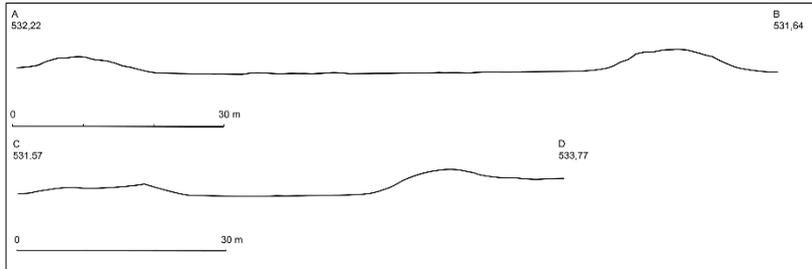


Abbildung 14: Profile durch Becken 1.

Der tiefste Punkt der Abbaubereiche ist durch Verebnungsflächen gekennzeichnet. Besonders in den Abbaugebieten 2 und 3 sind diese Verebnungen deutlich zu erkennen. Aufgrund der Tatsache, dass die Rotlehmserie hier ausdünt und der Glimmerschiefer des Grundgebirges zutage tritt (siehe Abb. 9), wurde der Abbau hier nicht bis in die Talebene fortgeführt. Es wäre nahe liegend, dass die Aufbereitung, das heißt das Waschen des Feinsediments, hier stattgefunden hat. Die Überprüfung dieser These ist Teil des Forschungsvorhabens der kommenden Jahre. Abbaubereich 1 ist wesentlich komplexer (siehe Abbildung 10). Hier reicht die Rotlehmserie bis zum Talboden und demgemäß erstreckt sich der stark erodierte Abbaubereich über einen Höhenunterschied von rund 100 m von den obersten Staubecken bis ins Tal. Nach den Ergebnissen der ersten Geländebegehungen dürfte der Abbau im unteren Teil des Abbaubereiches begonnen haben und wurde langsam nach oben erweitert. Diese Vorgangsweise ergibt Sinn, wenn man bedenkt, dass man vermeiden wollte, noch nicht abgebaute Bereiche mit Taubmaterial zuzudecken. Ein ausgezeichnetes Beispiel für diese sehr logische Vorgangsweise ist der römische Goldbergbau von Las Moraceras (Nordwestspanien). Die aus vier übereinanderliegenden Terrassen bestehende Lagerstätte wurde von der untersten Terrasse beginnend abgebaut. Waren die Vorkommen hier erschöpft, verlegte man den Abbau auf die nächst höhere usw.¹⁸

Die Wasserzuleitung

Aufgrund der Wasserarmut im „Karth“ musste das Wasser von weither zu den Abbaugebieten geleitet werden. Wie die ersten Kartierungen zeigen befinden sich die Einzugsgebiete der Wasserleitungen bis zu rund 11/12 km (Luftlinie) südlich bzw. westlich der Abbaugebiete. Der Beginn der Zuleitungen liegt an stark wasserführenden Bächen, wie dem Hassbach, dem

¹⁸ Domergue – Herail 1977.

Feistritz- und Otterbach und dem Syhrnbach (siehe Abb. 11). Die Wasserleitungen verlaufen hangparallel entlang einer bestimmten Höhenlinie, was den Vorteil hat, dass auch Hangwasser und kleinere saisonal wasserführende Bäche genutzt werden konnten. Zudem ersparte man sich damit den Bau aufwändiger Wasserleitungsbrücken. Da es sich dabei um Brauchwasser handelt, wurden die Leitungen nicht wie Trinkwasserleitungen unterirdisch verlegt. Oberirdische frei liegende Wasserleitungen sind nicht nur einfacher im Bau, sondern können auch problemlos gewartet werden, etwas, das mit Sicherheit nach Starkregenfällen und nach dem Winter erforderlich war.

Noch heute sind die Leitungen als Terrassen oder Gräben im Gelände deutlich zu erkennen (Abb. 15). Wurde die Leitung entlang eines steilen Hanges geführt, wurde der Kanal talseitig mit Trockenmauern befestigt (Abb. 16).



Abbildung 15: Ein gut erhaltener Abschnitt von Wasserleitung 1 (Foto: B. Cech).



Abbildung 16: Ein mit einer Trockenmauer befestigter Abschnitt einer Wasserleitung (Foto: B. Cech).

Da die Kartierung der Wasserleitungen zur Zeit noch in Arbeit ist, können hier nur vorläufige Ergebnisse präsentiert werden (siehe Abb. 11).¹⁹ Die bis dato am besten dokumentierte Leitung ist Wasserleitung 1 (vulgo „Schwarzataler Entweg“), die im Syhrngraben beginnt und zu Abbaugbiet 1 führt (siehe Abb. 12). Sie beginnt nach derzeitigem Wissensstand auf einer Höhe von rund 560 m direkt am Syhrnbach und konnte auf eine Länge von 27 km bis zum Ort Thann kartiert werden (rund 524 m). Wahrscheinlich endete sie bei Becken 11 (Abbaugbiet 1) auf einer Höhe von rund 520 m.

Die direkt zu Becken 1 (Abbaugbiet 1) führende Wasserleitung ist mit 35 km die längste bislang dokumentierte Leitung. Sie beginnt auf einer Höhe von rund 596 m und mündet auf einer Höhe von rund 532 m in Becken 1 (Abbaugbiet 1). Auf einer Höhe von rund 555m quert sie den Hassbach.

Eine weitere Wasserleitung, die auf einer Länge von 8 km Länge dokumentiert wurde, beginnt auf einer Höhe von rund 463 m am Hassbach und endet bei rund 455 m Höhe am oberen Rand eines bislang noch nicht begangenen Abbaugbietes.

19 Kartierung der Wasserleitungen: Thomas Fleck, Nadine Riegler, Markus Foidl Weibnitz.

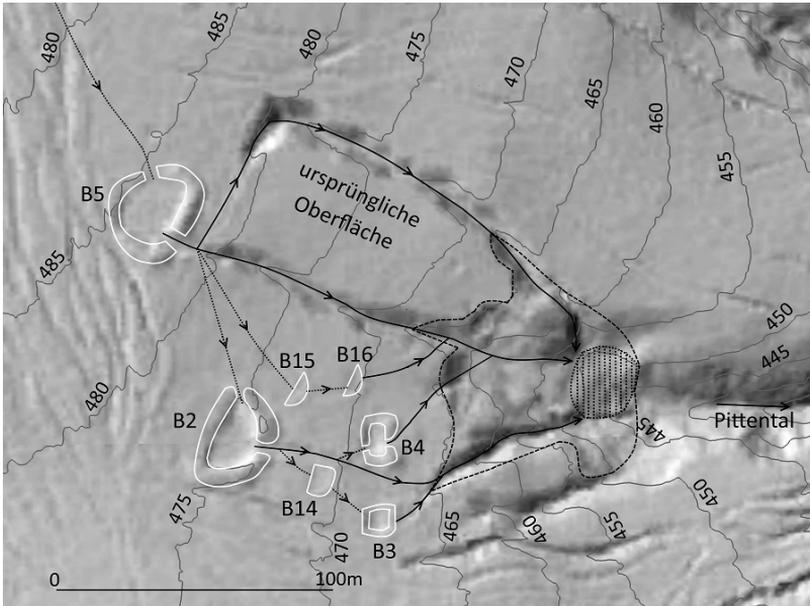


Abbildung 18: Abbaugebiet 2 (punktiert: rekonstruierte bzw. nur sehr schwach erkennbare Zuleitungen, Punktschraffur: Verebnungsfläche am unteren Ende des Abbaubereiches, strichlierte Linie: eigentlicher Abbau).

Unterhalb von Becken 2 teilt sich der Abbaubereich. Der nördliche Bereich besteht aus zwei tiefen Gräben. In den nördlichen dieser beiden Gräben wurde das Wasser direkt von Becken 5 eingeleitet und der südliche Graben wurde im oberen Bereich mit Wasser aus Becken 5 und im unteren Bereich über die Spülbecken 4, 15 und 16 beschickt. Der südliche Teil besteht im Wesentlichen aus einem tiefen Graben, der mit Wasser aus Becken 2, Becken 14 und Becken 3 beschickt wurde. Alle Gräben führen zum eigentlichen stark zerklüfteten und erodierten Abbau (Abb. 18-strichlierte Linie), der an einer Verebnungsfläche (Abb. 18-Punktschraffur) endet. Von hier floss das Wasser über einen natürlichen Graben ins Pittental ab. Da die Rotlehmserie auf dieser Höhe endet und das Grundgebirge zutage tritt, ist es naheliegend, dass das ausgeschwemmte Feinsediment auf dieser Verebnungsfläche gewaschen wurde. Da das Wasser für die Waschrinnen gezielt zugeführt werden muss, ist anzunehmen, dass für diese Arbeit einzig Wasser aus dem nördlichsten Graben (direkt von Becken 5 beschickt) zugeleitet wurde.

Becken 2

Becken 2 hat eine ovale Form und eine Größe von rund 33 mal 23 m (bezogen auf die Wallkrone). Das Becken ist im Westen an den Hang angebaut. Der Zulauf ist nicht mehr eindeutig zu erkennen. In der nördlichen Ecke ist eine leichte Vertiefung festzustellen und aufgrund der Tatsache, dass dieses Becken nur über Becken 5 mit Wasser beschickt werden konnte, ist anzunehmen, dass hier der Zulauf war. Der an der Ostseite befindliche Auslauf zum Abbaubereich ist deutlich zu erkennen (Abb. 19 bis 22).



Abbildung 19: Das Innere von Becken 2-Blick nach Süden (Foto: F. Stremke).



Abbildung 20: Der Auslauf von Becken 2-Blick nach Nordosten (Foto: F. Stremke).

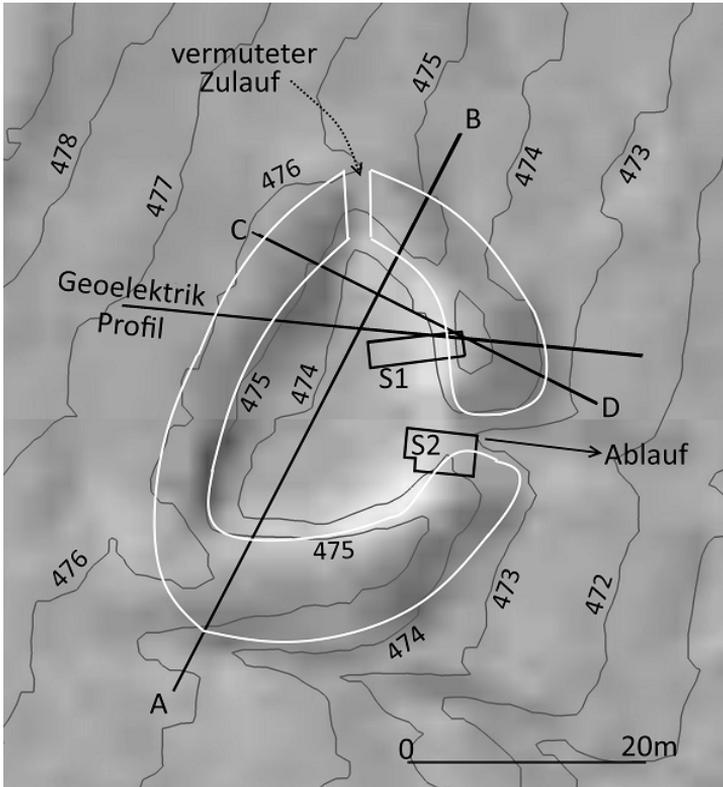


Abbildung 21: Becken 2 im LIDAR scan mit der Lage der Profile, der Grabungsschnitte und des Geoelektrikprofils (LIDAR Daten Land NÖ).

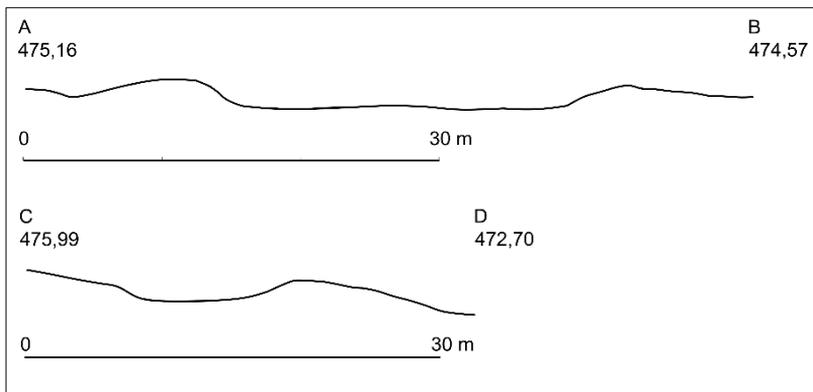


Abbildung 22: Becken 2, Profile.

Geophysikalische Prospektion

Durch Becken 2 wurden vor Beginn der archäologischen Untersuchungen drei Geoelektrikprofile (ein Nord-Süd- und zwei Ost-Westprofile) gemessen. Da alle drei Profile annähernd dasselbe Ergebnis brachten, soll hier nur eines der beiden Ost-Westprofile vorgestellt werden (Lage siehe Abb. 21). Die Ergebnisse der geophysikalischen Prospektion sind einerseits eine wichtige Hilfe bei der Festlegung der Flächen für archäologische Ausgrabungen und bieten andererseits auch die Möglichkeit, nicht ergrabene Flächen bzw. Strukturen zu beurteilen und zu interpretieren.

Mit geoelektrischen Verfahren wird die Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes im Untergrund ermittelt. Widerstandsmessungen werden in Form von Strom-Spannungsmessungen in verschiedenen Elektrodenkonfigurationen ausgeführt. Zwischen zwei Elektroden wird ein Stromfluss erzeugt und die an der Oberfläche auftretende Potentialdifferenz mittels zwei weiterer Elektroden gemessen. Der Abstand der Stromelektroden bestimmt die Erkundungstiefe der Messanordnung. In der Archäoprospektion wird häufig das geoelektrische Tomographieverfahren unter Verwendung von Multielektrodensystemen eingesetzt. Dabei werden zahlreiche Widerstandsmessungen mit unterschiedlichen Elektrodenabständen entlang eines Profils durchgeführt, die zunächst weder wahre Tiefen noch wahre spezifische Widerstände wiedergeben. Die tatsächliche Widerstandsstruktur im Untergrund kann durch zweidimensionale Modellrechnungen (Inversion) bestimmt werden. Im vorliegenden Fall betrug der Elektrodenabstand 0,75 m.²⁰

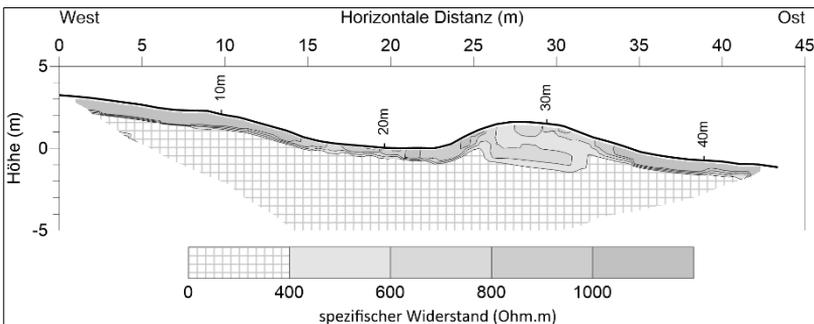


Abbildung 23: Überblick über das gesamte Geoelektrikprofil von Becken 2 (Lage siehe Abb. 21).

20 Die Messung der elektrischen Widerstandsprofile erfolgte mit einem Multielektrodensystem für 100 Stahlelektroden (Earth resistivity meter 4point light 10W von LGM - Erich Lippmann - Geophysical Instruments, Deutschland) in den Messkonfigurationen Wenner und Schlumberger bei Stromstärken zwischen 0.1 und 15mA.

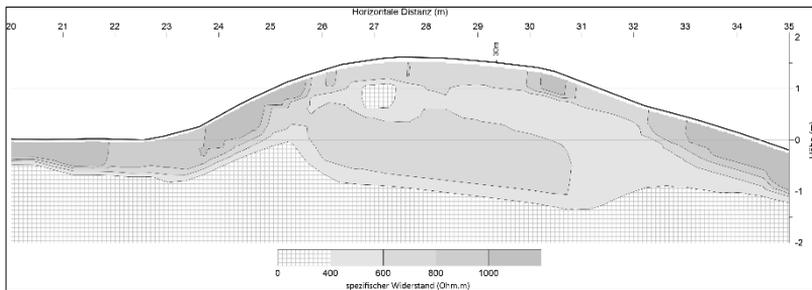


Abbildung 24: Höher aufgelöstes Detail auf der Höhe von Schnitt 1.

Abbildung 23 zeigt die gesamte Länge des gemessenen Profils. Bis zu rund 1 m Tiefe zeigt sich ein stark strukturierter Bereich mit Widerstandswerten von 400 bis 1200 Ohm/m. Im Bereich des Walles ist dieser strukturierte Bereich deutlich mächtiger. Die tiefere Formation mit Widerstandswerten von 0 bis 400 Ohm/m entspricht dem geologischen Untergrund (Loipersbacher Rotlehmserie). Für die Länge des Wallschnittes (Schnitt 1) wurde die Modellrechnung eine höhere Auflösung gewählt (Abb. 24). Der heterogene Aufbau des Walles kommt deutlich zum Ausdruck. Auch die bis zu 50 cm mächtige Dichtschicht ist deutlich zu erkennen. Die Korrelation der Ergebnisse der geoelektrischen Messungen mit den Grabungsergebnissen zeigt, dass diese Methode sehr gut geeignet ist um den Aufbau auch der Becken zu dokumentieren, die archäologisch nicht untersucht werden können.

Archäologische Untersuchungen

Schnitt 1 wurde so angelegt, dass der Wall bis zur Wallkrone und ein Teil des Beckeninneren untersucht werden konnten. Schnitt 2 liegt im Auslauf des Beckens.

Der Wallschnitt zeigt, dass die nachrömische Überlagerung maximal 30 cm mächtig ist und dass der Wall in Originalhöhe erhalten ist. Bei der Aushebung des Beckens wurde der Umriss zunächst durch Steine markiert. Anschließend wurde das Beckeninnere rund 1 m tief ausgehoben. Aus dem Aushubmaterial (verwitterte Rotlehmserie und Rotlehmserie) wurde der Wall aufgeschüttet. Die stark lehmigen Anteile der Rotlehmserie wurden als rund 20 bis 50 cm mächtige Abdichtung auf der Beckensole und entlang des unteren Teils des Walles aufgebracht. Zur Stabilisierung des Über-

gangs von der Beckensohle zum Wall wurde die hier aufgebrachte Abdichtung mit Aushubmaterial überdeckt.²¹ Vereinzelt konnten auf der Wallkrone Steine als Befestigung beobachtet werden (Abb. 25). Zur Zeit des Betriebs hatte der Wall eine Höhe von rund 2 m über dem Beckenboden.

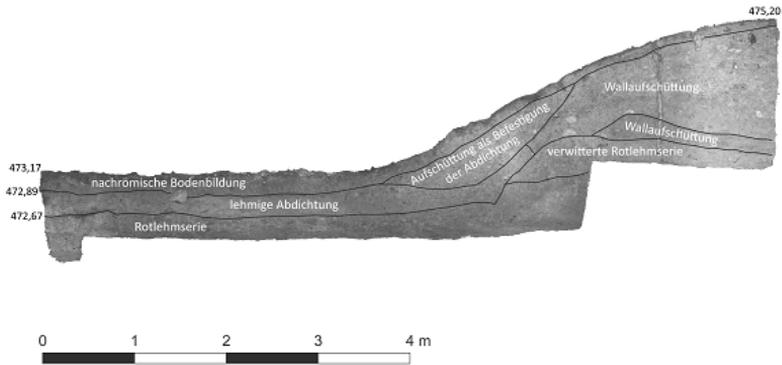


Abbildung 25: Becken 2 – Nordprofil von Schnitt 1 (Orthofoto: F. Stremke).

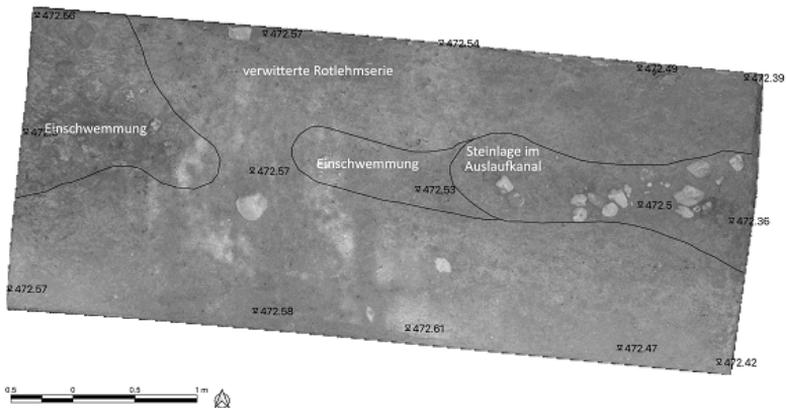


Abbildung 26: Becken 2 – Schnitt 2, Ablaufkanal (Orthofoto: F. Stremke).

21 Die als Aufschüttung verwendeten geologischen Schichten haben einen großen Anteil an lehmigem Material. Beim Zuschütten der Grabungsschnitte hat sich gezeigt, dass sich dieses Material auch ohne Einsatz von Maschinen so gut verdichten lässt, dass selbst herbstliche Starkregenfälle keine Abrutschungen verursachen.

Schnitt 2 befindet sich im Auslaufkanal des Beckens. Der Auslaufkanal ist durch lehmige Einschwemmungen auf der verwitterten Rotlehmserie gekennzeichnet. Zu einem Hubschütz gehörende Pfostenlöcher fehlen. Es ist daher anzunehmen, dass der Hubschütz in eine kastenartige, beidseitig in den Stauwällen verankerte Holzkonstruktion eingebaut war. Diese Konstruktion wurde wahrscheinlich nach Aufgabe des Beckens Großteils entfernt und etwaige noch vorhandene Reste ins Tal gespült. An der zum Abbau führenden Seite des Auslaufkanals war die Sohle mit einer Steinlage befestigt um eine Ausspülung des Kanals zu verhindern (Abb. 26).

Bei einer angenommenen maximalen Befüllung des Beckens auf rund 2/3 der Wallhöhe fasste es $\sim 1.000 \text{ m}^3$ (1 Million Liter) Wasser.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Laufe der ersten Geländebegehungen hat sich gezeigt, dass das Bergbaurevier im „Karth“ größer und komplexer ist als ursprünglich angenommen. Die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten, im Besonderen die detaillierte Aufnahme von Abbaugebiet 2, zeigen deutlich die Möglichkeiten, die die gezielte Auswertung der LIDAR-Scans in Verbindung mit Geländebegehungen bieten. Nur so kann der Ablauf des hydraulischen Bergbaus von der Wasserzuleitung zu den großen Sammelbecken über die Verteilung in die kleineren Spülbecken, die den gezielten Einsatz des Wassers zum Ausschwemmen der Lagerstätte ermöglichen, bis hin zur Aufbereitung rekonstruiert werden. Geoelektrische Messungen und archäologische Untersuchungen an weiteren Staubecken sollen zeigen, ob es Unterschiede in der Konstruktion der Stauwälle, der Beckenabdichtung und der Auslaufkanäle gibt. Weiters sind Schnitte durch gut erhaltene Abschnitte der Zuleitungen geplant.

Ein besonderes Desideratum wäre das Auffinden von Siedlungen und Werkstätten, die wichtige Informationen zur Logistik, aber auch zum täglichen Leben der Bergleute und zur genaueren Datierung des Bergbaus geben könnten. Ausgehend von Hinweisen im Gelände (Verebnungsflächen, Mauerreste, Altfunde) soll versucht werden mittels geomagnetischer Prospektion derartige Fundstellen zu orten um in der Folge gezielt archäologische Untersuchungen durchführen zu können. Anhand von Münzfunden aus dem „Karth“ kann der römische Bergbau in die Zeit vom 2./3. Jh. bis ins 4. Jh. datiert werden. Die Frage der chronologischen Abfolge der einzelnen Abbaugebiete wird nur schwer zu beantworten sein. Grabungsschnitte in Siedlungen und Werkstätten, wo am ehesten datierendes Fundmaterial zu erwarten ist, könnten dazu beitragen diese wichtige Frage zu klären.

Weitere Fragestellungen betreffen den Einfluss des römischen Bergbaus auf die Umwelt. Mit Hilfe pollenanalytischer Untersuchungen von Proben aus den Grabungsschnitten und Feuchtgebieten im „Karth“ soll versucht werden die ursprüngliche Vegetation zu rekonstruieren.

Eine wichtige Frage aus geologischer Sicht ist die Herkunft der goldführenden Rotlehmserie und somit die Lage der primären Lagerstätte. Am ehesten kommen die Semmering- und Wechselregion in Frage. Die zum Teil sehr gute Rundung der Quarzgerölle weist auf eine doch beträchtlich große Transportweite hin, was somit auch eine Fernverfrachtung mancher Materialien in Erwägung ziehen lässt. Im Zuge der ersten archäologischen Untersuchungen konnten Differenzierungen innerhalb der Rotlehmserie festgestellt werden. Schwermineralanalysen an Proben aus der Rotlehmserie und aus den wenigen Bächen im „Karth“ können dazu genauere Informationen liefern.

Der Vergleich der bisherigen Befunde im „Karth“ mit den gut erforschten Goldbergbaurevieren von Las Médulas in Nordwestspanien und Dolaucothi in Wales illustriert anschaulich die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten der Wasserkraft im Goldbergbau und damit die Fähigkeit römischer Ingenieure eine bestimmte Technik an örtliche Gegebenheiten anzupassen. In Las Médulas wurde ein hartes Konglomerat zertrümmert und aufgelöst und in Dolaucothi wurde die Wasserkraft zum Abtragen des Oberbodens und zum Wegschwemmen des Taubmaterials genutzt. In beiden Fällen wurden große Wassermengen über große Gefälle geleitet. Im „Karth“ hingegen wurde die mit unterschiedlichen großen Geröllen durchsetzte lehmige Rotlehmserie gezielt mit vergleichsweise geringen Wassermengen aufgelöst.

Danksagungen

Wir danken in erster Linie dem Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung für die Finanzierung des Projektes. Großer Dank gebührt den Gemeinden im Forschungsgebiet und dem Land Niederösterreich für die Zurverfügungstellung der LIDAR Daten. Der Gemeinde Natschbach danken wir ganz besonders für wertvolle Hilfe bei der Organisation der archäologischen Grabungen. Weiters danken wir den Grundbesitzern für die Erlaubnis auf ihren Grundstücken archäologische Ausgrabungen und geophysikalische Prospektion durchführen zu dürfen. Last but not least bedanken wir uns für die positive Einstellung und das große Interesse der örtlichen Bevölkerung an unserem Forschungsprojekt.

Bibliographie

- Annels, A. E., How the gold was formed, in: A. E. Annels – B. C. Burnham (eds.), *The Dolaucothi Gold Mines*, Cardiff 1995, 16-26.
- Brecciaroli Taborelli, L., Gli habitat stagionali nelle aurifodinae di victumulae, in: Brecciaroli Taborelli L., *Oro pane e scrittura*, Roma 2011, 25-48.
- Burnham, B., C., Roman Mining at Dolaucothi: The Implications of the 1991-3 Excavations near the Carreg Pumsaint, *Britannia* 28, 1997, 325-336.

- Burnham B. C. – Burnham H., Dolaucothi-Pumsaint. Survey and excavations at a Roman gold-mining complex 1987-1999, Oxford 2004.
- Cech, B., A Roman gold mining district in eastern Austria, *Historical Metallurgy* 46(2) 2012, erschienen 2014, 66-77.
- Cech, B. – Kührtreiber Th., mit Beiträgen von N. Schindel – R. Lang – H. Emmerig – F. Beyer, Ein römisches Goldbergbaurevier im „Karth“, einer Landschaft südöstlich von Neunkirchen, *Römisches Österreich* 36, 2013, 1-94.
- Danzer, J., Die Entwege. Rätselhafte Altstrassen zwischen Pitten und Schwarza, Jahresheft des Österreichischen Archäologischen Instituts, Beiblatt 47, 1964/65, Spalte 219-290.
- Domergue, C. – Hérail, G., Une méthode pour l'étude des mines antique en alluvion: l'exemple des mines d'or romaines de la Valduerna (Léon, Espagne). *Melange de la Casa de Velázquez* 13, 1997, 9-30
- Domergue C., Les mines de le Péninsule Iberique dans l'Antiquité Romaine. Collection de l'Ecole française de Rome 127, Rom 1990.
- Domergue, C., Les Mines Antiques. La production des métaux aux époques grecques et romaine, Paris 2008.
- Fuchs, G. – Herrmann, P. – Pahr, A. – Schnabel, W. (Hrsg.), Erläuterungen zur Geologischen Karte Blatt 106 Aspang-Markt, Geologische Bundesanstalt, Wien 2008.
- Geologische Karte der Republik Österreich, M 1:50.000, Blatt 105 Neunkirchen, Geologische Bundesanstalt, Wien 1992.
- Geologische Karte der Republik Österreich, M 1:50.000, Blatt 106 Aspang-Markt, Geologische Bundesanstalt, Wien 1995.
- Kührtreiber Th., Topographie, Forschungsgeschichte und historische Nachrichten zum Untersuchungsgebiet. In: Cech, B. – Kührtreiber Th., mit Beiträgen von N. Schindel – R. Lang – H. Emmerig – F. Beyer, Ein römisches Goldbergbaurevier im „Karth“, einer Landschaft südöstlich von Neunkirchen, *Römisches Österreich* 36, 2013, 3-11.
- Lewis, P. R., The Ogofau Roman Gold Mines at Dolaucothi, *The National Trust Yearbook* 1976-77, 1977, 20-35.
- Lewis, P. R. – Jones, G. D. B., The Dolaucothi Gold Mines I: The Surface Evidence, *The Antiquaries Journal* 49/2, 1969, 244-272.
- López, D. G., Minas de oro romanas Las Médulas, *Trobajo del Camino* (Léon) 2005.
- Lang R., mit Beiträgen von A. Drack – G. Fitz – R. Ployer – A. Steiner, Depot- und Siedlungsfunde der Späten Römischen Kaiserzeit aus dem Karth im südlichen Niederösterreich, *Römisches Österreich* 33, 2010, 43-111.
- Maywald, F., Vergessene Wege. Der Schwarzataler Entweg, Göttschach 2007.
- A. Orejas, A., – Sánchez-Palencia, F. J., Mines, Territorial Organization, and Social Structure in Roman Iberia: The Examples of Carthago Nova and the Peninsular Northwest, *American Journal of Archaeology* 106, 2002, 581-599
- Plinius der Ältere, *Naturkunde*, Buch 33. Herausgegeben und übersetzt von R. König, Artemis Verlag, München und Zürich 1984.
- Reisner, G., Zum Wesen der „Entwege“ im Bezirk Neunkirchen, *Niederösterreich, Unsere Heimat* 79, 2008, 57-67.
- Rigler, J., Erdwälle im Katt, *Waldmark Geschichtsblätter*, Heft 12, Neunkirchen (Eigenverlag), 1980.
- Sánchez-Palencia, F. J., – Fernández-Posse, M. D. – Fernández Manzano, J. – Orejas, A., La zona arqueológica de Las Médulas. Ponferrada (Léon) 1999.

- Sánchez-Palencia, F. J. – Orejas, A. – Fernández-Posse, M. D. – Ruiz del Árbol, M. – Sastre, I., Las Médulas (Léon, Spain). A Rural and Mining Landscape, in: Ch. Bartels – M. Ruiz del Árbol – H. von Londen – A. Orejas (Eds.), *Landmarks – Profiling Europe’s Historic Landscapes*, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum 158, Bochum 2008, 113–124.
- Schnabel, W. (Hrsg.), *Geologische Karte von Niederösterreich*, M 1:200.000, Geologische Bundesanstalt, Wien 2002.
- Strabon, *Geographica*. In der Übersetzung und mit Anmerkungen von Dr. A. Forbiger, 2. Korrigierte Auflage, Mainz 2007.
- Thür, G., Zum Goldbergbau in Noricum, in: M. Mirković (Hrsg.), *Römische Städte und Festungen an der Donau*, Akten der regionalen Konferenz Beograd, 16–19 Oktober 2003 (Beograd 2005) 39–43.
- Wessely G., *Geologie der österreichischen Bundesländer, Niederösterreich*, Geologische Bundesanstalt, Wien 2006.

Salzburger Kulturwissenschaftliche Dialoge
Band 5

herausgegeben von der Gesellschaft für Kulturosoziologie
an der Universität Salzburg

Erfinder – Erforscher – Erneuerer

herausgegeben von Monika Frass
Johannes Klopf
Manfred Gabriel

Mit Beiträgen von Rita Amedick
Rupert Breitwieser
Brigitte Cech
Monika Frass
Klaus Grewe
Margit Linder
Georg Nightingale
Oswald Panagl
Helmuth Schneider
Robert Scholger
Wolfgang Speyer
Frank Stremke
Günther E. Thüry
Günther Weixelberger

Paracelsus Buchhandlung & Verlag Salzburg

Titel: Erfinder – Erforscher – Erneuerer
Herausgegeben von Monika Frass, Johannes Klopff und Manfred Gabriel

Einleitendes Vorwort

I. Erfinder

Monika Frass: „Erfinder“
Motivation zu

Margit Linder: In
Künstler

Günther E. Thüry
Austernpark

II. Erforscher

Rita Amedick: Be

Brigitte Cecit, R
Günther We
römischen G
Goldbergbau
Niederöster

Oswald Patzig: V
Anfängen de

Wolfgang Speyer
Das In- und

ISBN 978 3 902776 36 5

Alle Rechte vorbehalten
© Paracelsus Buchhandlung & Verlag Salzburg
Sebastian F. Gutmann
5020 Salzburg • Steingasse 47
www.parabuch.at
1. Auflage 2019

Satz: Ulrike Klopff
Druck und Bindung:
KN Digital Printforce GmbH, Ferdinand-Jühlke-Straße 7, 99095 Erfurt

Inhaltsverzeichnis

Einleitendes Vorwort.....	7
---------------------------	---

I. Erfinder

Monika Frass: „Erfindergeist“. Archimedes von Syrakus oder Motivation zur Innovation	13
Margit Linder: Ingenium tamen ultra artem est – Innovationen antiker Künstler	27
Günther E. Thüry: C. Sergius Orata und die Erfindung des Austernparks.....	45

II. Erforscher

Rita Amedick: Betriebsgeheimnisse antiker Mechaniker	67
Brigitte Cech, Robert Scholger, Frank Stremke und Günther Weixelberger: Die Anwendung der Hydraulik im römischen Goldbergbau am Beispiel des römischen Goldbergbaus im „Karth“, einer Landschaft im südlichen Niederösterreich	83
Oswald Panagl: Vom Würfelknochen zum casus obliquus: Von den Anfängen der antiken Grammatik	115
Wolfgang Speyer: Kunst und Technik als Erfindung. Das In- und Miteinander von Unverfügbarem und Verfügbarem.....	125

III. Erneuerer

Rupert Breitwieser: Innovationen in der keltischen und germanischen Medizin.....	151
Klaus Grewe: Einfach genial – Der Pragmatismus antiker Ingenieure. Neue Forschungsergebnisse zu Chorobat, Groma und Steinsägen..	169
Georg Nightingale: Die zweifache „Erfindung“ von Glas in der Bronzezeit und in der griechisch-römischen Antike	181
Helmuth Schneider: Der antike Mittelmeerraum – Longue durée und technische Innovationen	243
Autorinnen und Autoren.....	271

Einleitendes

„Erfinder – Erforschung, die im April weiterten Altertums genieurwesen und V bonen“ im Altertum teriellen Hinterlasse stehung und Entwic „Neuem“ in der An

Erfinder sind im tike wiederholt bezu logen“ (Heurematoy schiedener Werke p pierungen (Völkern und (Kultur-) Hero Erfindungen in alle Entstehungsprozess von Erfindern selbst sagekräftig

Neben dieser vo der antiken Überlie geist. Aufmerksamkeit von „Suchen und Fi in Kulturentstehung werden Aspekte de heutigen Verständn hem. Umsetzungen bemerkenswerten V in hellenistischer Ze (Maschinen, Autom