

DER RÖMISCHE WENDELTREPPENSCHACHT IM *TERRITORIUM METALLORUM* TRESMINAS / JALES (FREG. TRESMINAS; DISTR. VILA REAL / P)

Das *territorium metallorum* Tresminas/Jales (freg. Tresminas; distr. Vila Real/P; **Abb. 1**) und besonders dessen Kernzone bei Tresminas (**Abb. 2**), in der vor allem im 1. und 2. Jahrhundert polymetallische Erze mit hohem Gold- und Silbergehalt unter kaiserlicher Regie abgebaut wurden¹, zählen heute zu den wichtigsten archäologischen Denkmälern für die Erforschung römischer Bergwerksbetriebe auf der Iberischen Halbinsel. Dank des anstehenden festen Gesteins und in der Folgezeit weitgehend ausgebliebener Zerstörungen sind hier, im äußersten Norden Portugals, zahlreiche ober- und untertägige Bauwerke von außerordentlicher wirtschafts- und technikgeschichtlicher Bedeutung erhalten geblieben, die von den technologischen Fähigkeiten in der römischen Zeit sowie dem unbedingten Willen der ehemaligen Betreiber zeugen, Lagerstätten mit abbauwürdigen Edelmetallgehalten möglichst umfangreich aufzuspüren und auszubeuten. Neben den beiden mächtigen Tagebauen, der Corta de Covas und der Corta da Ribeirinha, die bis heute das Bild der Landschaft prägen, wecken zahllose Stollen und Schächte, und von diesen besonders die gut erhaltenen Galerien das Interesse eines jeden Besuchers. Während die beiden Tagebaue der Abbauzone von Tresminas

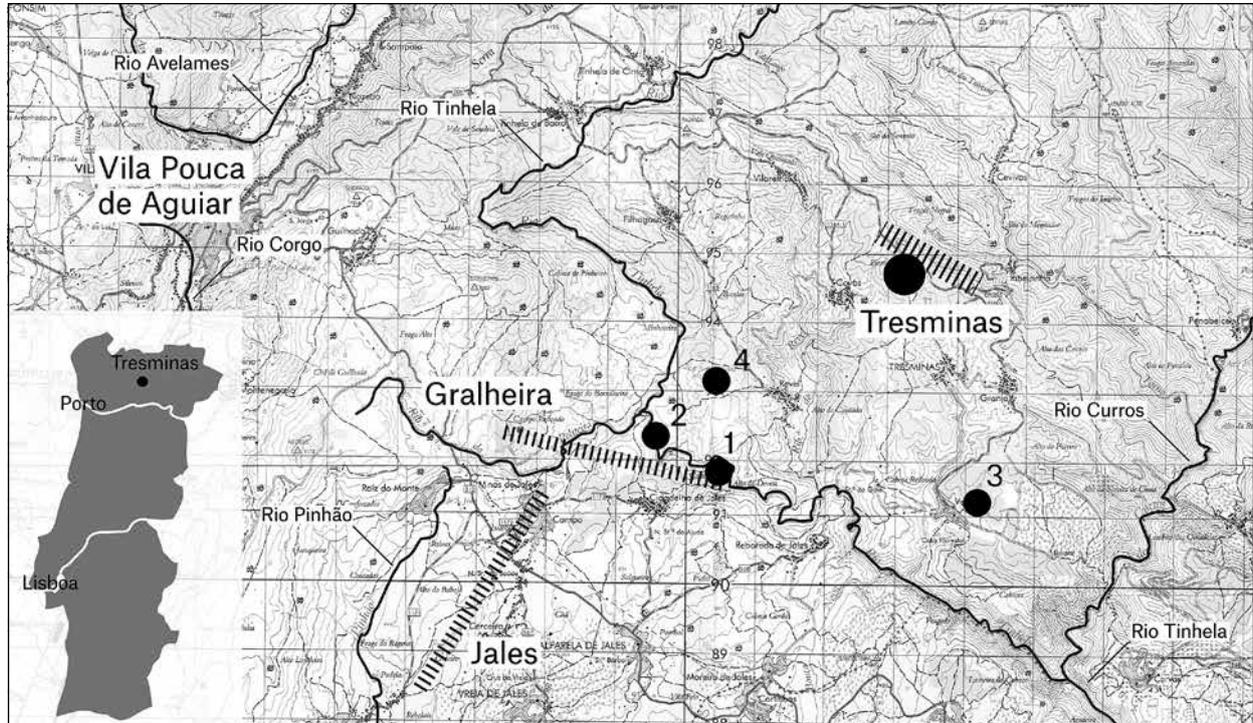


Abb. 1 Übersicht über das *territorium metallorum* Tresminas/Jales (distr. Vila Real/P): **1** Castro von Cidadelha. – **2** Forno dos Mouros mit zugehörigem Staudamm. – **3** römischer Landwirtschaftsbetrieb von Vales. – **4** Granitsteinbruch von Fonte da Ribeira. – (Vorlage Carta Militar de Portugal 1:50 000. Blätter Vila Pouca de Aguiar [6-D], Vila Real [10-B]; nach J. Wahl / R. Wahl-Clerici / S. Mathiuet).

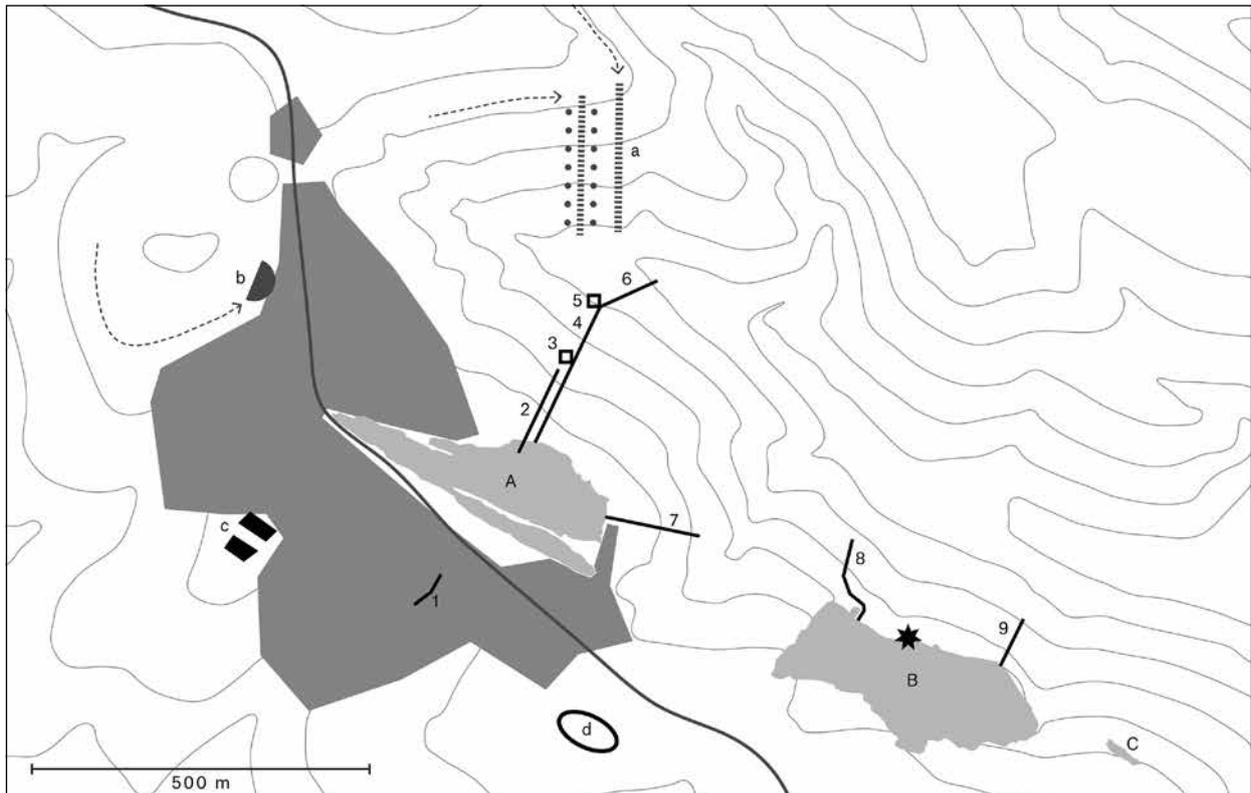


Abb. 2 Kernzone Tresminas (distr. Vila Real/P) mit den Abbauzonen (* Befund Wendeltreppenschacht und Galeria do Pastor). – **A** Corta de Covas (Tagebau A); **B** Corta da Rebeirinha (Tagebau B); **C** Lagoinhos (Abbaustelle C). – **a** Waschanlagen; **b** Wasserabsetzbecken in der Siedlung; **c** Steinbrücke; **d** Amphitheater. – **1** Galeria Esteves Pinto; **2** Galeria Jürgen Wahl; **3** Schacht zwischen Galeria Jürgen Wahl und Galeria do Pilar; **4** Galeria do Pilar; **5** Schacht zwischen Galeria do Pilar und Galeria do Texugo; **6** Galeria do Texugo; **7** Galeria dos Alargamentos; **8** Galeria dos Morcegos; **9** Galeria do Buraco Seco. – (Nach J. Wahl / M. Helfert / R. Wahl-Clerici; Gestaltung R. Wahl-Clerici).



Abb. 3 Südlicher Abschluss der Corta da Rebeirinha (distr. Vila Real/P) von Südwesten. Gut erkennbar sind die erhaltenen Felsbänke des Abbaus in der westlichen Zone und zu beiden Seiten des antiken Zugangsbereiches (links unten) sowie der schroffe nördliche Abschluss in der östlichen Zone (rechts oben). – (Foto J. Wahl).

mit ihren Längsachsen in einer Linie parallel dem Streichen des Gesteins folgen, wurden sie durch querschlägig, d.h. quer zum Streichen des anstehenden Schiefers angelegte Untertagebaue, die sogenannten Galerien, erschlossen, die dem Transport des abgebauten Materials und der Entwässerung der Tagebaue dienten.

In der Kernzone von Tresminas entstanden aufgrund der komplexen Lagerstättenverhältnisse zudem außerordentlich viele Prospektionsbaue, deren Spuren sich ausschließlich in Bereichen ohne abbauwürdige Edelmetallgehalte erhalten haben². So sind aus der Abbauzone von Galheira (**Abb. 1**) bisher nur vereinzelte Probenentnahmestellen bekannt geworden. In Tresminas können dagegen Prospektions-systeme, bestehend aus Stollen und Schächten,

identifiziert werden, mithilfe derer ganze Gebirgspartien in unterschiedlichen Höhen auf der Suche nach gewinnungswürdigen Edelmetallkonzentrationen sondiert wurden. Spuren von solchen sind vor allem im Gebirge zwischen den beiden großen Tagebauen, der Corta de Covas sowie der Corta da Rebeirinha, und in

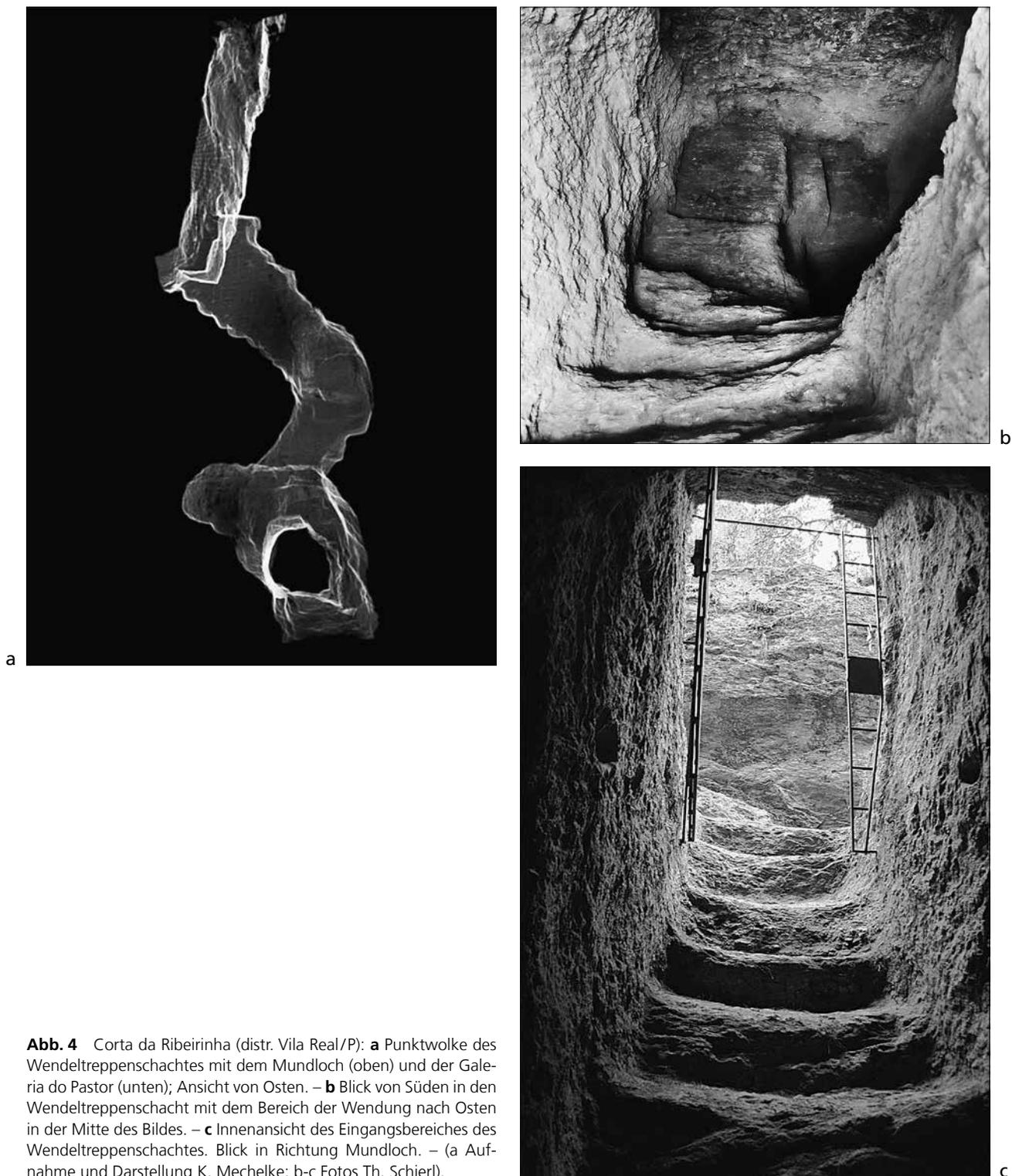


Abb. 4 Corta da Ribeirinha (distr. Vila Real/P): **a** Punktwolke des Wendeltreppenschachtes mit dem Mundloch (oben) und der Galeria do Pastor (unten); Ansicht von Osten. – **b** Blick von Süden in den Wendeltreppenschacht mit dem Bereich der Wendung nach Osten in der Mitte des Bildes. – **c** Innenansicht des Eingangsbereiches des Wendeltreppenschachtes. Blick in Richtung Mundloch. – (a Aufnahme und Darstellung K. Mechelke; b-c Fotos Th. Schierl).

geringerem Maße auch in diesen erhalten geblieben. In der Corta da Ribeirinha wurde zu diesem Zweck beispielsweise parallel zum westlichen antiken Eingang ein mehrstufiger Schnitt mit mindestens einem vom westlichen Stoß abgehenden weiteren Stollen angelegt (**Abb. 3**). Erst mit der am tiefsten aufgefahrenen Galeria dos Morcegos findet diese Zone mit Hinweisen auf intensive geologische Erkundungen ihren unteren Abschluss. Weitere Spuren von Prospektionstätigkeit sind in der nordöstlichen Böschung der Corta er-



Abb. 5 Corta da Ribeirinha (distr. Vila Real/P): Mundloch des Wendeltreppenschachtes von Südosten. Das Mundloch wurde in einer der lang gezogenen Abbauzonen eröffnet. – (Foto R. Wahl-Clerici).

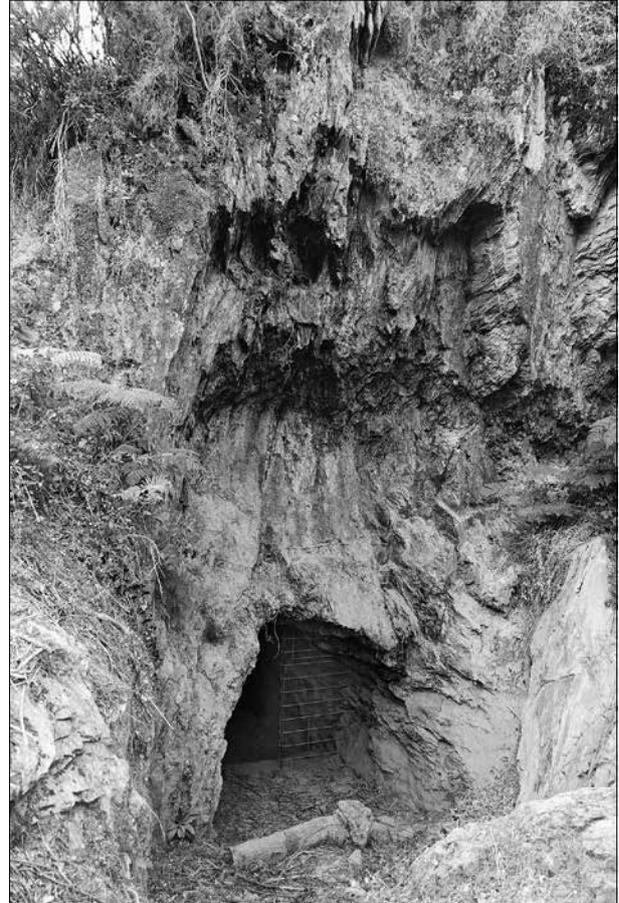


Abb. 6 Corta da Ribeirinha (distr. Vila Real/P): Mundloch der sog. Galeria do Pastor, einer ehemaligen Abbau- und Prospektionszone, von Südosten. Gut erkennbar sind die Spuren der Abbaufortschritte über dem Mundloch. In dieser Zone der Galeria wurde ehemals abgebaut, während die Galeria in den tiefer liegenden Bereichen nur aus einem Stollen zur Prospektion bestand. – (Foto R. Wahl-Clerici).

halten geblieben, wo von einer der typischen schmalen und lang gezogenen Grabenpingen ausgehend u. a. ein mehrläufiger Treppenschacht zur Beprobung der tieferen Schichten angelegt wurde (**Abb. 4a-c**).

Die Corta da Ribeirinha zeichnet sich durch vielfältige, vor allem in der nordnordöstlichen Böschung dokumentierte Zeugnisse des römischen Abbaus aus, während die südwestliche Gegenböschung sowie deren ost-südöstlicher Abschluss ihr heutiges Erscheinungsbild natürlichen Felsstürzen verdanken. Die im Inneren der Corta erhaltenen Felsreste und Abbauspuren sowie die dort heute noch feststellbaren Niveauunterschiede deuten darauf hin, dass der westliche und der östliche Teil zumindest zu Beginn der Erzgewinnung keine Einheit bildete. Darauf mögen ebenfalls die beiden Eingangsbereiche verweisen, deren östlicher heute ca. 10m über dem tiefsten Niveau der Corta liegt, während der Zugang im westlichen Teil nach wie vor benutzt wird (**Abb. 3**). Im westlichen Bereich sind zudem schmale und lang gezogene Grabenpingen erhalten geblieben, während sich der östliche durch schroffe Felswände auszeichnet, in denen nur wenige Spuren des Abbaus erkennbar sind. Ob dort jemals Grabenpingen vorhanden waren, die erst durch den jüngeren Abbau in den tieferen Zonen zerstört wurden, kann beim aktuellen Stand der Forschung nicht entschieden werden.

Am Übergang vom westlichen zum östlichen Teil der Corta da Ribeirinha findet sich der hier interessierende Treppenschacht, der sich aufgrund einer mehrfach abgeknickten Treppenführung von den ansonsten geraden Treppenschächten des *territorium metallorum* Tresminas/Jales abhebt. Während dieser vom westlichen Abbauareal her eröffnet wurde (**Abb. 5**), trifft er in der tieferen Lage auf einen heute Galeria do Pastor genannten Vortrieb, der seinen Ursprung im östlichen Abbaubereich hat (**Abb. 6**).

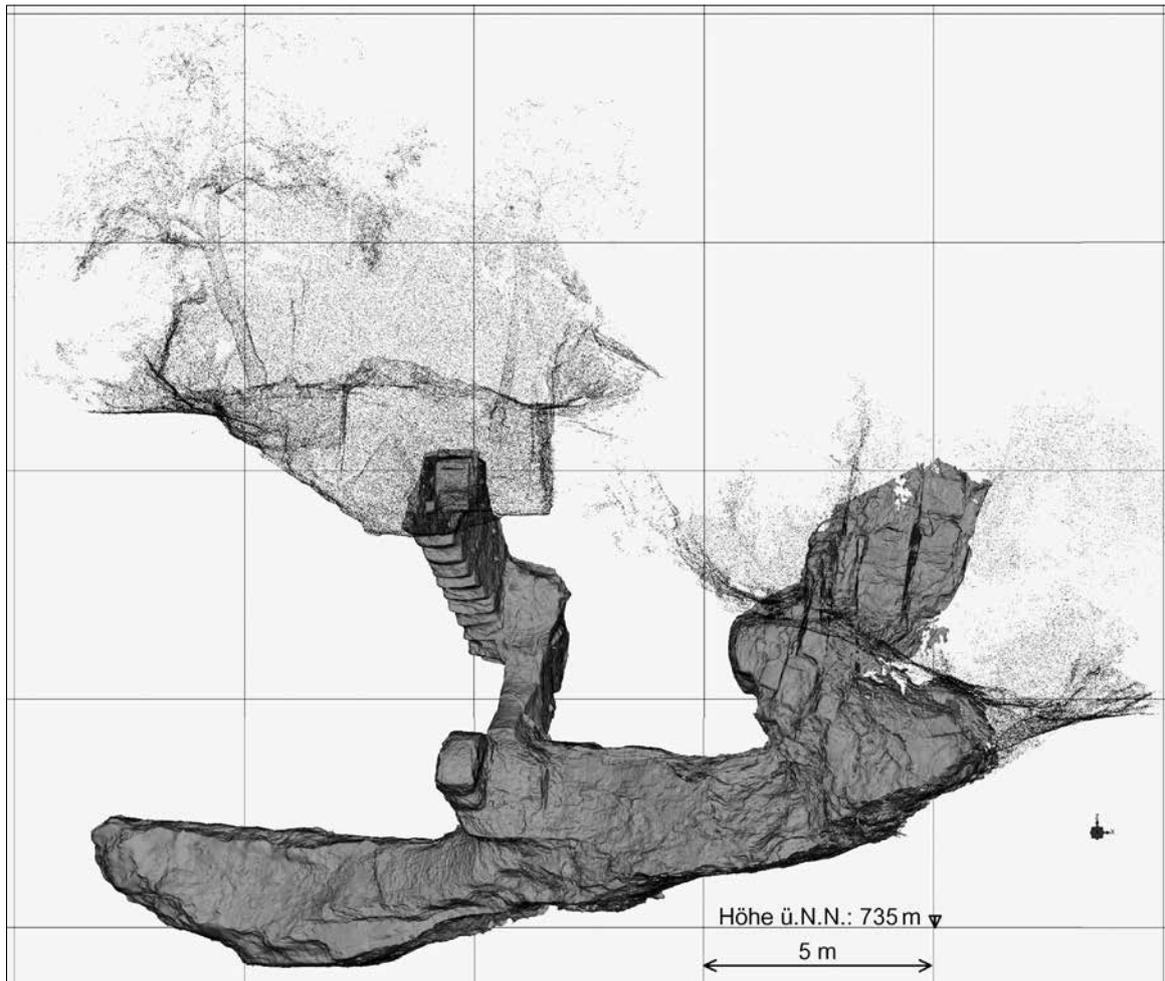


Abb. 7 Corta da Ribeirinha (distr. Vila Real/P): perspektivische Gesamtansicht (Modell) des Wendeltreppenschachtes und der Galeria do Pastor von Süden, z. T. mit den umgebenden Felsen. – (Aufnahme und Darstellung K. Mechelke).

DIE DOKUMENTATION

Der zu Beginn unserer Arbeiten unvollständig freigelegte bzw. weitestgehend mit rezent abgelagerten Sedimenten verfüllte Treppenschacht ist seit den späten 1990er Jahren bekannt, wurde aber noch nie der wissenschaftlichen Fachwelt vorgestellt. Erst im Zuge erneuter Säuberungen im Vorfeld einer kompletten Neuaufnahme der Corta da Ribeirinha gelang ein Erschließen der baulichen Zusammenhänge. Seine detaillierte Dokumentation ist Teil eines umfangreicher angelegten Projektes zur Erforschung des Bergbaudistrikts von Tresminas mittels nichtinvasiver Methoden, das es sich u. a. zur Aufgabe gemacht hat, die zahlreichen außerordentlich gut erhaltenen unterirdischen Bauwerke des *territorium metallorum* Tresminas/Jales mithilfe von 3D-Laserscanning zu erschließen und bergbauhistorisch auszuwerten. Besagte Methode zeigte sich im Verlauf der Arbeiten als überaus effektiv und flexibel, wie das vorgestellte Beispiel vor Augen führen soll (**Abb. 7; 8a**).

Gerade sehr enge und komplexe Geometrien wie der hier untersuchte Treppenschacht lassen sich durch die Möglichkeit, auch Teilbereiche dreidimensional abzubilden, wesentlich leichter interpretieren. Auch die Generierung von Grundrissen, Schnitten und Ansichten wird erheblich vereinfacht. Der Nutzen dieser Aufnahmemethode konnte in zahlreichen Projekten unter Beweis gestellt werden³.

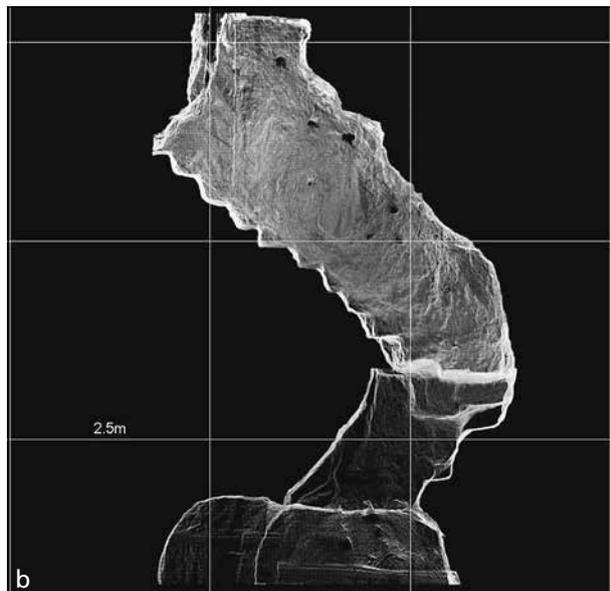
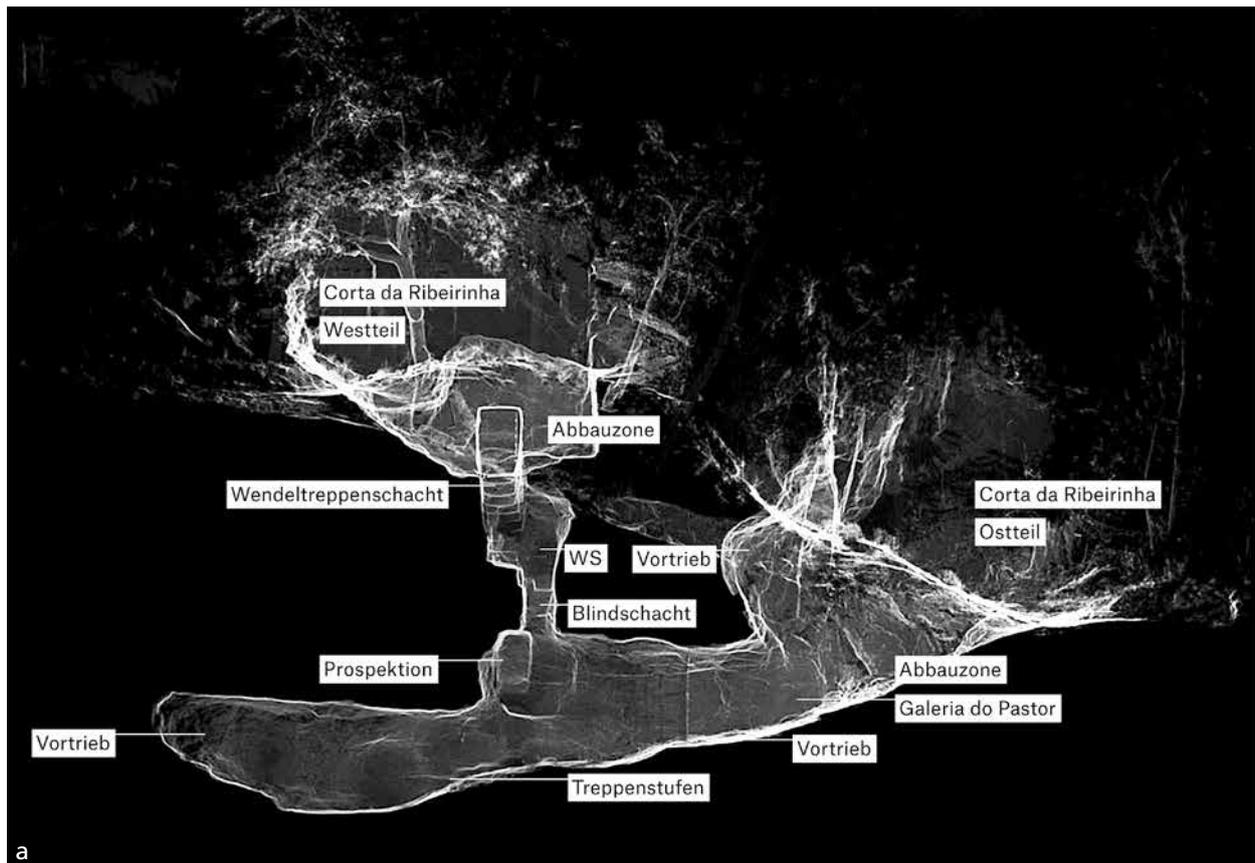


Abb. 8 Corta da Ribeirinha (distr. Vila Real/P): **a** West-Ost-Ansicht der Punktwolke des Wendeltreppenschachtes und der Galeria do Pastor mit der Bezeichnung der im Text erwähnten Elemente. – **b** Schnitt durch die Punktwolke des Wendeltreppenschachtes; Ansicht von Osten. Gut erkennbar sind die Treppenstufen sowie die in der Firste eingeschlagenen Abstufungen und der Verbindungsschacht zur Galeria do Pastor. – (Aufnahme und Darstellung K. Mechelke).

Der Treppenschacht, die mit ihm verbundene Galeria do Pastor sowie der Mundloch- bzw. Eingangsbereich wurden mit 26 Aufstellungen des Laserscanners nahezu lückenlos erfasst, wobei die Scanpunktdichte am Objekt auf 25 mm in 10 m Entfernung eingestellt wurde. Die reine Aufnahmezeit betrug insgesamt 1,4 Stunden. Die Gesamtpunktwolke umfasst ca. 50 Millionen Punkte. Die Zusammenführung der einzelnen Scannerstandpunkte in einem gemeinsamen Koordinatensystem erfolgte durch eine Koordinatentransformation, wobei die Transformationsparameter mithilfe des Iterative Closest Point (ICP)-Algorithmus bestimmt

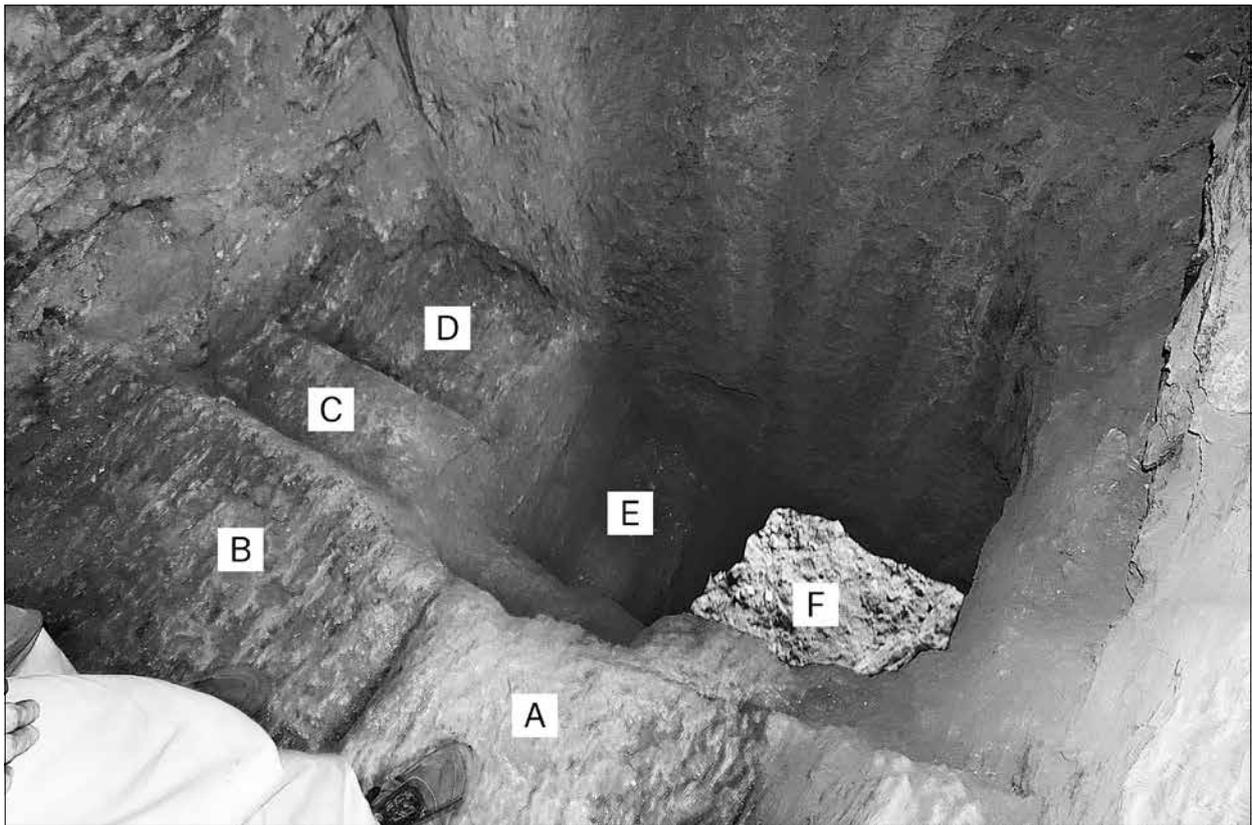


Abb. 9 Corta da Ribeirinha (distr. Vila Real/P): der untere Teil des Treppenschachtes mit den im Text erwähnten Bezeichnungen und mit Blick in die Abbauzone Galeria do Pastor von Westen. – **A-E** Stufen. – **F** Blindschacht von der Wendeltreppe zur Galeria do Pastor. – (Foto R. Wahl-Clerici).

wurden. Die durchschnittliche Restspannung der Punktwolke nach der Transformation beträgt ca. 2 mm. Durch die Verwendung des ICP-Algorithmus war es nicht notwendig, im Objektraum Passpunktmarken anzubringen. Lediglich für die Transformation der Gesamtpunktwolke in das übergeordnete Universal Transverse Mercator (UTM)-Koordinatensystem wurden außerhalb des Objekts aufgestellte Kugeln benutzt. Die Bestimmung der UTM-Zentrumskoordinaten der Kugeln erfolgte unter Verwendung eines Tachymeters und zweier Satellitenempfänger.

DER WENDELTREPPENSCHACHT

Der in seinem Grundriss rechteckige Treppenschacht wurde in den nördlichen Stoß einer der lang gezogenen Grabenpingen in der nördlichen Flanke der Corta da Ribeirinha eröffnet. In seiner zwei- bzw. dreigeteilten Grundform entspricht er einzelnen geraden Treppenschächten, die zweifach im rechten Winkel abgknickt sind. Dabei dienen der gerade Eingangsbereich und seine ohne größeren Abstand parallel zurückgeführte Fortsetzung vor allem dem Überwinden von Höhenunterschieden, während ein kurzes mittleres Treppenstück zwischen diesen vermittelte (**Abb. 4b; 8a-b; 9**). Da keinerlei Spuren erhalten sind, die auf eine erneute Richtungsänderung des Schachtverlaufes im unteren Bereich hinweisen, ist das Bauwerk den zwei- bzw. dreiläufigen Treppenkonstruktionen an die Seite zu stellen. Zwar knickt die Treppenführung zweifach rechtwinklig ab, doch schließen die beiden parallel angeordneten, langen Treppenschacht-



Abb. 10 Corta da Ribeirinha (distr. Vila Real/P): Firste im Eingangsbereich des Wendeltreppenschachtes mit den dort eingeschlagenen Abstufungen von Süden. – (Foto R. Wahl-Clerici).



Abb. 11 Corta da Ribeirinha (distr. Vila Real/P): Übergangszone zwischen dem ursprünglichen Treppenschacht (oben) und der Abbauzone Galeria do Pastor. Gut erkennbar sind der Blindschacht sowie die tonnläufig abfallende Firste, die ursprünglich zum Treppenschacht gehörte. Vermutlich musste für den Blindschacht ein Teil der Firste seiger ausgehauen werden. Im unteren Teil des Bildes sind ein ca. 1,30 m tiefer Prospektionsstollen sowie ein früherer Teil des Abbaubereiches in der Galeria do Pastor erkennbar. – (Foto R. Wahl-Clerici).

abschnitte direkt aneinander an, sodass die unterirdische Architektur am ehesten mit zweiläufigen Treppen verglichen werden kann. Die erhaltenen Arbeitsspuren verweisen auf zahlreiche Planänderungen im Verlauf seiner Errichtung, und damit auf eine komplexe Baugeschichte, die nur in den Grundzügen zu erschließen ist, auch da einige für die Klärung offener Fragen relevante Bereiche sehr wahrscheinlich durch spätere Umarbeitungen zerstört wurden.

Die Gestaltung des Mundlochbereichs deutet darauf hin, dass ursprünglich die Absicht bestand, mittels eines horizontal geführten, söhlichen Stollens die Lagerstätte zu prospektieren (**Abb. 4a; 8b**). Dieser hatte eine ursprüngliche Höhe von ca. 130 cm⁴, wurde aber bald schon um 40 cm abgeteuf, sodass eine lichte Weite von ca. 170 cm × 110 cm entstand. Spuren eines horizontalen Ausbaus sind nur noch auf den ersten rund 90 cm des Eingangsbereiches in der Firste (= Decke eines bergmännischen Hohlraums) erhalten⁵. In der Folge brach man den horizontalen Vortrieb ab, wie die nicht mehr weiter ausgehauenen und unregelmäßig abgearbeiteten Vertiefungen im obersten Firstteil belegen, und wandelte den Stollen in einen Treppenschacht um. Charakteristisch für einen Prospektionsbau sind die nur wenig abgetretenen Stufen (**Abb. 4b-c; 9**).

Bemerkenswert ist, dass eine Abstufung bestehend aus drei Abschnitten auch in der Firste eingeschlagen wurde bzw. dort erhalten blieb, die wenigstens teilweise mit Änderungen in der Bauweise des oberen Schachtbereiches korrespondieren (**Abb. 8b; 10**)⁶. So entspricht der oberste Absatz, gleichzusetzen mit dem Ende eines horizontalen Vortriebs, in etwa der fünften Stufe in der Sohle (= Lafebene eines bergmännischen Hohlraums). Ab diesem Punkt verläuft die Firste schräg, während die Treppenstufen des folgenden, tiefer gelegenen Abschnittes auffällig schmal, eher hoch proportional gestaltet sind. Über der achten Treppenstufe finden sich erneut Spuren einer säuberlich ausgearbeiteten Firste, deren weitgehend horizontaler Vortrieb nach ca. 60-65 cm aufgegeben wurde. Diese geht des Weiteren in eine mehr oder weniger ohne Absätze gearbeitete Schräge über, die im Wesentlichen der Neigung der Sohle entspricht. Vergleichbar gestaltet zeigen sich auch die tiefer liegenden Abschnitte des Schachtes.

Im mittleren Bereich, wo durch das mehrfache Abknicken des Treppenschachtes eine kleine Kammer von 160-190 cm Breite entstand (**Abb. 4a-b; 8b; 9**), ist die Treppe nur um eine flache und breite Stufe von 15 cm

Höhe verlängert (**Abb. 9A**), an die sich eine 80 cm × 97 cm große Plattform anschließt (**Abb. 9B**). Daraus resultiert an dieser Stelle ein Raum mit minimaler Firsthöhe von 145 cm, dessen mit flachen Stufen versehener Boden im auffälligen Gegensatz zu der steilen Eingangstreppe steht. Nach der ersten, nach Osten ausgerichteten Wendung setzt sich die Treppe mit zwei 29 cm hohen und gleichmäßigen Stufen (**Abb. 9C**) sowie einer weiteren 50 cm × 48 cm großen Fläche fort (**Abb. 9D**). Nur ein nicht auf der gesamten Breite des schrägen Schachtrestes ausgearbeiteter, nach Süden gerichteter Absatz, der ca. 60 cm unterhalb der kleinen Plattform erhalten geblieben ist, markiert eine ehemalige steile Fortsetzung der Treppe (**Abb. 9E**). An deren einstiger Existenz kann auch aufgrund einer entsprechend orientierten und schräg gestalteten Schachtfirste kein Zweifel bestehen (**Abb. 4a; 7; 8a-b; 11**).

Im Bereich der beschriebenen kleinen Kammer deuten vertikale Einarbeitungen und eine rechteckige, nahezu quadratische Öffnung auf die ehemalige Existenz eines seiger (= senkrecht) abgeteuften Schachtes oder Schachtabschnittes (**Abb. 9F**), dessen unteres Ende wahrscheinlich durch das Einbringen der Galeria do Pastor zerstört wurde. Die Fortsetzung der schrägen Firste des Treppenschachtes an dieser Stelle lässt vermuten, dass der seigere Schacht erst eröffnet wurde, nachdem ersterer eine gewisse Teufe erreicht hatte (**Abb. 8b; 11**). Ohne Indizien für Position und Gestalt des unteren Abschlusses des seigeren Schachtes gelingt jedoch weder eine zweifelsfreie Funktionsbestimmung noch seine Einordnung in die Bauabfolge.

DIE GALERIA DO PASTOR

Die heute in dessen unterem Bereich mit dem Treppenschacht verbundene Galeria do Pastor wurde von Osten her und von einem mind. 16 m tiefer liegenden Abbaubereich eröffnet. Schlagspuren, die sich über dem Mundloch erhalten haben, sind Zeugen des ursprünglich von dieser Seite her geleisteten Abbaufortschritts (**Abb. 6-7; 8a-b**). Die erhaltenen Felsstrukturen zeigen, dass man die Gewinnung schrittweise tiefer legte. Im Gegensatz zu den heute nur oberflächlich erhaltenen Abbauspuren über dem Mundloch, wurde die Galeria do Pastor tiefer in das Gebirge vorgetrieben. Circa 5 m nach dem Mundloch verengt sie sich jedoch bereits zu einem Stollen, der möglicherweise nur der Prospektion diente (**Abb. 7; 8a; 12a**). Abweichende Abbauhöhen lassen sich heute nur schwer anhand von wenigen Spuren rekonstruieren, da die gesamte Galerie zu einem späteren Zeitpunkt abgeteuft wurde. Trotz umfangreicher Freilegungen in den 1990er Jahren ist die Sohle bis heute noch nicht erfasst.

Ähnlich wie bereits am Treppenschacht bieten erneut zusammenhängend bearbeitete Flächen in der Firste der Galerie Hinweise auf deren frühe Baugeschichte. Dort zu erkennende einheitliche Werkspuren lassen sich vom Mundloch bis in den Bereich des Treppenschachtes verfolgen, wo im oberen Rest des westlichen Stoßes, wohl dem Ende der ersten Ausbauphase, eine Lampennische erhalten geblieben ist, welche die ehemalige Notwendigkeit einer künstlichen Beleuchtung in diesem Areal dokumentiert. Die sauber gearbeitete Firste dieses leicht erweiterten Bereiches schließt den Treppenschachtdurchbruch mit ein und lässt vermuten, dass im Zuge seiner Entstehung der in seiner Größe und Gestalt nicht mehr bestimmbare untere Teil des besagten Schachtes gekappt wurde (**Abb. 4a; 8b; 11**). Auch ein in den südlichen Stoß eingearbeiteter kurzer Prospektionstollen (**Abb. 7; 8a-b; 11; 12b**) hat das gleiche Niveau in der Firste, sodass wahrscheinlich auch dieser einer frühen Bauphase der Galeria do Pastor zugeordnet werden darf, wohingegen seine Position versetzt zum erhaltenen unteren Ende des Treppenschachtes gegen einen direkten Zusammenhang beider spricht. Zwar lassen sich anhand der erhaltenen Spuren keine sicheren Schlüsse mehr ziehen, in welcher Relation der untere Teil des Treppenschachtes und die frühe Ausbauphase der Galerie einst standen, doch mag sich in einer Konzentration der beschriebenen Bauten in einem erweiterten Abschnitt der Galerie eine nicht mehr zu entschlüsselnde Beziehung von baugeschichtlicher Relevanz andeuten. Den genannten



a

b

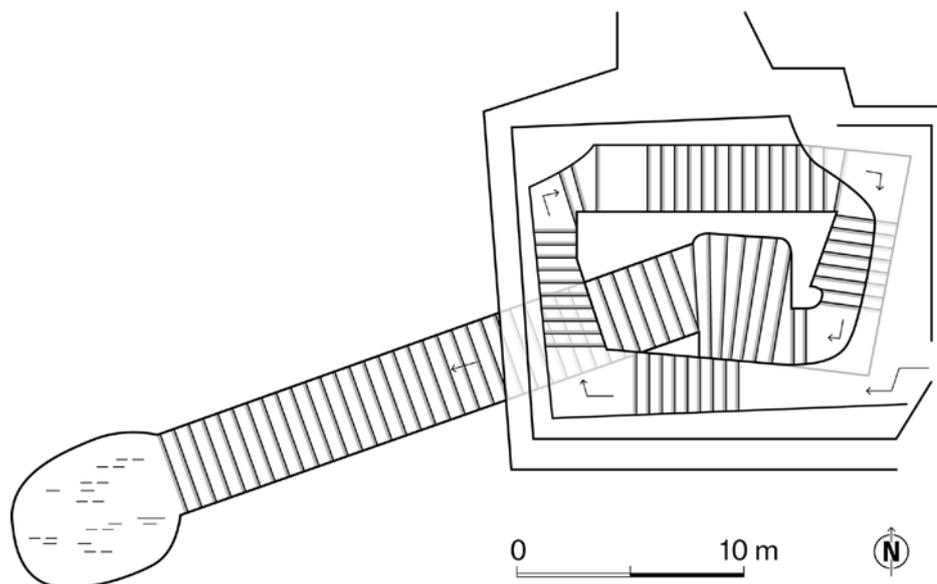
Abb. 12 Corta da Ribeirinha (distr. Vila Real/P): **a** Blick von Osten in die Fortsetzung der Galeria do Pastor. Die ursprüngliche Sohle dieser Abbauzone wurde noch an keiner Stelle freigelegt. Links unten im Bild sind Reste von Treppenstufen erkennbar, die nicht mit dem Wendeltreppenschacht in Zusammenhang stehen. – **b** erhaltene Reste des westlichen Stoßes in der Galeria do Pastor von Osten mit dem Prospektionsstollen (links) und abgearbeiteten Treppenstufen im unteren Bereich der Galeria do Pastor (unten). – (Fotos R. Wahl-Clerici).

Einarbeitungen anzuschließen ist ebenfalls eine leicht gebogen geführte, flache Treppe, die den tiefer gelegenen Prospektionsstollen erschloss, ohne dass ein baulicher Zusammenhang mit dem hier vorgestellten Treppenschacht hergestellt werden könnte (**Abb. 7; 8a; 12a-b**). Im Zuge des Absenkens des inneren Bereiches der Galerie weitgehend zerstört, sind deren Reste allein im südlichen Stoß der Galerie erhalten geblieben.

DER BEZUG ZWISCHEN TREPPENSCHACHT UND GALERIA DO PASTOR

Die Projektion sämtlicher Baue auf eine West-Ost-Ebene (**Abb. 8a**) zeigt die verschiedenen, in der Zone erhaltenen Baueinheiten, deren im Detail zueinander abweichende Positionierung kein abgestimmtes Baukonzept erkennen lässt. Vielmehr bestätigt sich der bereits im Zuge der Einzeldiskussion der Bauelemente gewonnene Eindruck, dass erst durch die Öffnung des unteren Abschnittes der Treppe bzw. des Blindschachtes zwischen dem Treppenschacht und der Galeria do Pastor eine räumliche Einheit entstand. Aufgrund der Position der beiden Baue am Übergang zwischen dem westlichen und östlichen Bereich der Corta da Ribeirinha (**Abb. 2-3**) ist nicht auszuschließen, dass sie jeweils in Abhängigkeit von den spezifischen Abbaufortschritten in den betreffenden Zonen und vermutlich auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten eröffnet wurden. Wie groß der zeitliche Abstand jedoch war, lässt sich heute nicht mehr eruieren. Wahrscheinlich ist, dass mit der Planung bzw. dem Auffahren der Galeria do Pastor von Osten her mehr oder weniger zeitnah auf die Prospektionsergebnisse im Treppenschacht reagiert wurde⁷.

Abb. 13 Hazor (IL). Grundriss von Schacht und Gang zum Grundwasser. – (Nach Grewe 1998, 44 Abb. 54).

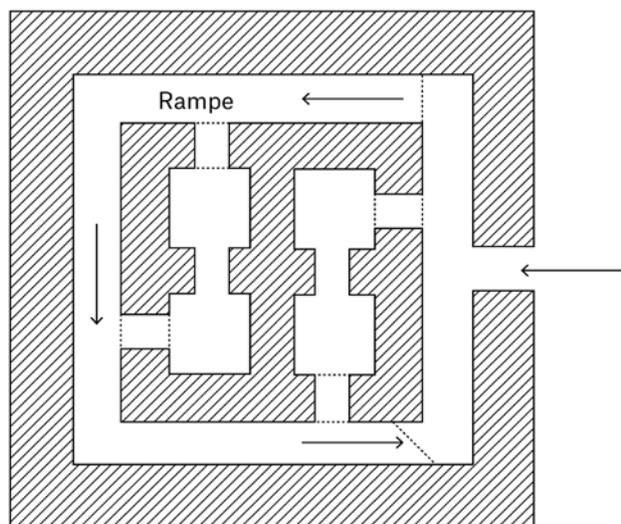


EINORDNUNG DES TREPPENSCHACHTES IN DEN BERGBAULICHEN KONTEXT

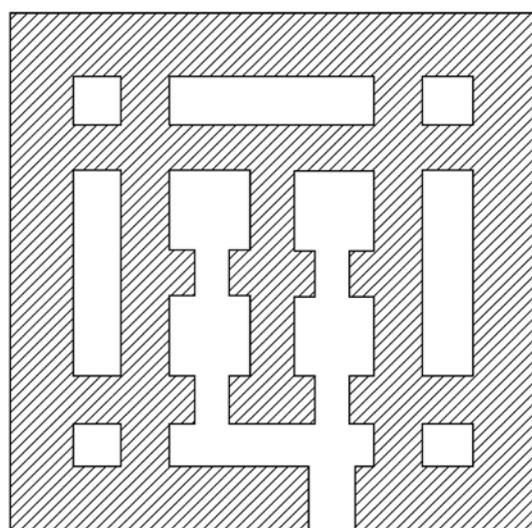
Im Zuge der ausführlichen Darstellung des Befundes und seiner baulichen Zusammenhänge sollte deutlich geworden sein, dass die Gestalt des Treppenschachtes aus seiner wechselvollen Baugeschichte abzuleiten ist, die sich in ihrer Prozesshaftigkeit nur anhand einer äußerst detailgetreuen Erfassung sämtlicher Spuren rekonstruieren lässt. Die trotzdem lediglich skizzenhaft zu erschließenden zahlreichen Planungsänderungen deuten darauf hin, dass seine endgültige Architektur das Ergebnis von sich während des Baus mehrfach ändernden Zielsetzungen und Vorgehen darstellt, die beim Bergbau nur als Reaktion auf erschlossene Edelmetallkonzentrationen interpretiert werden können. So sind die architektonischen Einzelemente des Treppenschachtes durchaus üblich und mehrfach im *territorium metallorum* Tresminas/Jales sowie anderswo im Römischen Reich belegt, doch stellt ihre Kombination eine Besonderheit dar, die aus situationsbedingten technischen und bergbaulichen Notwendigkeiten resultiert. Dieser gerade im antiken Bergbau häufig anzutreffenden Abhängigkeit zwischen Geologie der Lagerstätte, Abbaufortschritten und Architektur der Bauten näherzukommen, gelingt nur anhand einer möglichst umfassenden Aufnahme und bauhistorischen Auswertung aller erhaltenen Hinweise.

TYOLOGISCHE UND CHRONOLOGISCHE EINORDNUNG VON TREPPENSCHACHT UND GALERIA DO PASTOR

Wie bereits dargestellt, wurden die zwei heute zusammenhängenden Bauwerke, der Treppenschacht und der Vortrieb in der Galeria do Pastor, von den beiden unterschiedlichen, d. h. der westlichen und der östlichen, Abbauzonen her eröffnet. Da der Treppenschacht als Prospektionsbauwerk wenig Sinn macht, wenn der Vortrieb in der Galeria do Pastor bereits bis in den erhaltenen Bereich geleistet war, dürfte ersterer älter sein. Entsprechende Zusammenhänge können jedoch nicht als Beleg für ein höheres Alter des westlichen Förderbereiches verstanden werden. Eine Klärung der Frage nach dem chronologischen Verhältnis des Abbaus in den beiden Arealen muss vorerst offenbleiben. Doch ist es wahrscheinlich, dass die goldhaltigen



ERDGESCHOSS



UNTERGESCHOSS

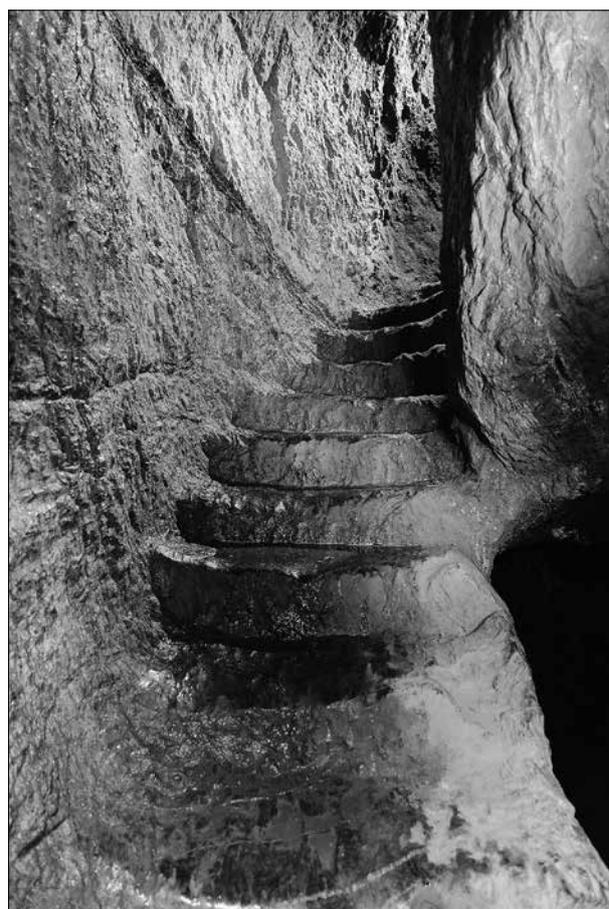


Abb. 14 La Coruña (prov. A Coruña/E), Torre de Hercules: Grundriss der hypothetischen Rekonstruktion des römischen Leuchtturms. – (Nach Hauschild 1976, 252 Abb. 13).

Abb. 15 Valongo (distr. Porto/P), Fojo das Pombas: untertägiger Wendeltreppenschacht. – (Foto R. Wahl-Clerici / J. Moutinho / V. Gandra).

Erze ursprünglich in zwei unabhängigen Tagebauen gewonnen wurden und die Vereinigung erst nach einem nicht mehr zu bestimmenden Zeitraum erfolgte. Da sich weder in der Corta da Ribeirinha noch im Treppenschacht selbst absolutchronologische Hinweise fanden, können wir den Zeitrahmen seiner Entstehung nur innerhalb der allgemeinen Betriebszeit des römischen Abbaus in Tresminas während des 1. und 2. Jahrhunderts verorten⁸.

Zu jener Zeit gehörten Wendeltreppen, die auch als abknickende Treppen und Treppenhäuser bezeichnet werden, schon seit Jahrhunderten zu den geläufigen baulichen Elementen mediterraner Architektur. Vor allem mehrfach abgeknickte Treppen, die auch symmetrisch angeordnete Arme besitzen können, sind im

Gegensatz zu den runden Wendeltreppen früher nachzuweisen⁹. Bereits im späten 13. Jahrhundert v. Chr. (SH IIB) wurde beispielsweise eine untertägige, mehrfach abknickende Treppe in der Burg von Mykene in der Argolis (GR) angelegt. Über 99 Stufen, die in unregelmäßigen Treppenabschnitten angeordnet waren, konnte dort Wasser aus einer unterirdischen Quellstube in die Burg gebracht werden¹⁰. Etwas jünger sind die zwei Anlagen von Megiddo und Hazor (**Abb. 13**) in Israel, beide aus dem 9. Jahrhundert v. Chr., die ebenfalls dem Zugang zu einer Quelle bzw. zum Grundwasser dienten¹¹. Den Einstieg in den Untergrund bildeten dort Treppen von trapezoidem bis rechteckigem Grundriss, deren Arme sich an die Innenseite vier-eckiger Schächte anlehnten. In beiden Fällen wurde damit das System einer Treppe, die sich in mehreren Ästen um einen Mittelpunkt – ähnlich dem zentralen Auge bei den Wendeltreppen¹² – anordnet, ein-gehalten.

Als mit dem hier vorgestellten Befund weitgehend zeitgleich sei zudem auch auf den Torre de Hercules, den antiken Leuchtturm von La Coruña in Galicien (prov. A Coruña/E), als herausragendes hispanisches Beispiel für abgknickte Aufstiege in der aufgehenden Architektur verwiesen. Th. Hauschild geht in seiner Rekonstruktion des ursprünglichen Zustandes des Turmes von einer Rampe aus, die sich innen an die rekonstruierte Außenmauer des im Grundriss quadratischen Bauwerks anlehnte und ähnlich einer gewundenen quadratischen Treppe das Erklimmen der Spitze ermöglichte (**Abb. 14**)¹³. Treppen mit parallel angeordneten Armen teils auch in Treppenhäusern sind ebenfalls bereits aus der mediterranen Frühzeit bekannt (z. B. aus Knossos auf Kreta/GR¹⁴) und finden – gemeinsam mit gewundenen Treppen über rechteckigem oder rundem Grundriss – zahlreiche Vergleiche in der römischen Architektur¹⁵.

Sehr viele Beispiele unterstreichen, dass kompakte Treppenkonstruktionen, allen voran die Wendeltreppen, hauptsächlich dann gebaut wurden, wenn der für einen Auf- oder Abstieg zur Verfügung stehende Platz beschränkt war, und es demnach darum ging, die vorhandenen oder konstruierten Raumverhältnisse optimal auszunutzen. In elaborierter Weise visualisieren dieses Gestaltungskonzept in der römischen Architektur aufstrebende Bauwerke, neben Leuchttürmen auch die Triumphsäulen, in denen sich die Treppenstufen um eine vertikal orientierte Achse winden, wobei die Geometrie des Kreises den geringsten Platz verbraucht. Zu den ältesten Belegen für runde Wendeltreppen gehören zwei Aufgänge im Tempel A von Selinunt (prov. Trapani/I)¹⁶, der im 5. Jahrhundert v. Chr. errichtet wurde¹⁷.

Zwei Exemplare untertägiger runder Wendeltreppen sind in der Fojo das Pombas in der Serra de Santa Justa bei Valongo (distr. Porto/P) erhalten¹⁸. Die eine ist max. 45 cm breit und weist Unregelmäßigkeiten in ihrer Geometrie auf, was eventuell das Resultat der schwierigeren untertägigen Vermessung ist, denn ohne räumliche Beschränkung waren konstruktive Abweichungen vom architektonischen Ideal im Gebirge von geringerer Relevanz. Dort stellen neben der allgemeinen Stabilität der Konstruktion vor allem Anfangs- und Endpunkt die entscheidenden Parameter einer Funktionsfähigkeit dar. Das kommt bei der zweiten ca. 75 cm breiten runden Wendeltreppe in der Fojo das Pombas zum Tragen, denn diese bildet nur einen Halbkreis und die in die Gegenrichtung führende Fortsetzung nach dem Treppenabsatz wurde gerade geführt (**Abb. 15**).

Auch in den dakischen Bergwerken wurden abgknickte Treppen, die als »spiral staircase gallery« oder als »déscenterie (puits) hélicoïdale« bezeichnet werden, untertägig aufgeföhren¹⁹.

Während also gerade in den aufgehenden Gebäuden die Treppen im Einklang mit der Gesamtarchitektur entworfen und errichtet werden mussten, fehlten entsprechende architektonische Begrenzungen unter Tage, sodass dort auf eine flexiblere und einfachere, jedoch unter Umständen raumausfüllendere Konstruktionsweise zurückgegriffen wurde. So ist bei der untertägigen Vermessung eine Richtungsänderung im Treppenschacht mithilfe eines rechten Winkels einfacher festzulegen als bei einem Rundschacht, wie das Beispiel aus der Fojo das Pombas bei Valongo belegt. Zudem lassen sich die geraden Abschnitte einer eckigen Treppenanlage in ihren Längen beliebig variieren, wie auch die Neigung über eine Veränderung der Stufenbreiten bzw. -höhen bis hin zur Konstruktion eines senkrechten Schachtes, wie im hier behandelten

Treppenschacht in der Corta da Ribeirinha nachgewiesen, den jeweiligen Anforderungen angepasst werden konnte. So ging es den Erbauern der untertägigen Anlage in der Abbauzone von Tresminas wohl in erster Linie darum, im Zuge der Untersuchungen der Zone nach potenziellen Vererzungen den Arbeitsaufwand so gering wie möglich zu halten. Die gewählte Bauweise des Abstieges, in der über Winkel der Treppen, Länge der geraden Abschnitte und Abknickwinkel der Schächte bzw. der Stollen der Verlauf und das Ende des Bauwerkes nahezu zu jeder Zeit während des Bauverlaufes neu bestimmt werden konnten, ermöglichte ohne umfangreichere Neuvermessungen ein direktes Reagieren auf die örtlichen Prospektionsergebnisse. Aus diesen Eigenschaften resultierte die Bevorzugung der geraden und abgeknickten Treppenschächte als optimale Bauform im Bergbau.

Gerade Treppenschächte gehörten neben seigeren Schächten und Stollen zum üblichen Inventar der Prospektoren in Tresminas. Dass in diesem Fall zuerst ein Stollen, dann eine Treppe, die schließlich abknickte, eröffnet wurde, steht möglicherweise in Zusammenhang mit den bis heute gut erkennbaren und sich deutlich voneinander abgrenzenden länglichen Abbauzonen in der nördlichen Böschung des Westbereiches der Corta da Ribeirinha. So ist nicht auszuschließen, dass die Beprobung – aus welchen Gründen auch immer – auf die zwei südlichsten Vererzungszonen beschränkt wurde. Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die Markscheider von Tresminas auf so hohem Niveau arbeiteten, dass eine exakt ausgeführte, mehrfach abknickende Treppenkonstruktion keinesfalls ein Problem darstellte²⁰.

Anmerkungen

- 1) Wahl 1988, 221-244. – Wahl-Clerici/Helfert 2017.
- 2) Wahl-Clerici/Wiechowski 2013.
- 3) Kersten/Lindstaedt/Mechelke 2013. – Kersten u. a. 2014. – Kersten/Mechelke/Maziull 2015.
- 4) Vergleichbar geringe lichte Höhen sind bei Prospektionsbauten auch im Tresminas verschiedentlich belegt. In der Corta da Ribeirinha und damit unweit des Treppenschachtes blieb z. B. der Rest eines Prospektionsstollens mit einer maximalen Höhe von nur 1,15 m erhalten (Wahl-Clerici/Wiechowski 2013, bes. 323). Auch der direkt unterhalb des Treppenschachtes gelegene Prospektionsstollen besitzt mit 1,45 m eine vergleichsweise geringe Höhe.
- 5) Vgl. dazu auch Cauuet 2005, 40 Abb. 3-4.
- 6) Ein ähnliches Schema findet sich am oberen Ende eines Treppenschachtes, der den unterirdischen Zugang zur Zisterne von Mykene ermöglicht (Karo 1934, Taf. 12). – Eine vergleichbare Gestaltung der Firste von geraden Treppenschächten ist aus dem *territorium metallorum* Tresminas/Jales bisher nicht bekannt (vgl. z. B. Wahl-Clerici/Helfert/Wiechowski 2012, bes. 13 mit Abb. 7-10; Wahl-Clerici/Wiechowski 2013, Abb. 9c-d; Wahl-Clerici/Helfert 2017, 56-57. 62 Abb. 10; 63 Abb. 11).
- 7) Die Probenentnahmen des Serviço de Fomento Mineiro, Aufnahme 1979, Plan 1988, ergaben nur Spuren von Gold.
- 8) Wahl 1988, 239-244. – Wahl-Clerici/Helfert 2017, 47-93.
- 9) Zur typologischen bzw. terminologischen Abgrenzung von Wendeltreppen vgl. Mielke 1982; zur Entstehung s. auch Beckmann 2002, 353-356; Ruggeri 2006, 77.
- 10) Grundsätzlich Karo 1934, bes. 125. – Zu ähnlichen Konstruktionen vergleichbarer Zeitstellung in Tiryns vgl. Verdels 1963.
- 11) Fritz 1990, 124-131 bes. 126-127 Abb. 54-55. – Grewe 1998, 42 Abb. 48; 43-44 Abb. 54 (dort auch ältere Lit.).
- 12) Zum zentralen Auge bei Wendeltreppen vgl. Sabottka 2008, 209.
- 13) Hauschild 1976, 252-255 Abb. 13-14. – Vgl. dazu auch Hutter 1973; Martínez Maganto 1990, 67-89; Trillmich u. a. 1993, 300 Taf. 71; Fernández/Morillo 2010, 109-110; Arias/Fernández/Morillo 2009.
- 14) Vgl. z. B. Evans 1921, 324 Abb. 237; 326 Abb. 238-240 (Domestic Quarter); 426 Abb. 306 (South-East House); 1928, 397-400 Abb. 227-230 (Royal Villa); 516 Abb. 317-318 (Little Palace). – Zu rechteckigen, mehrläufigen Treppenkonstruktionen in westgriechischen Tempeln vgl. z. B. Mertens 2006, 227 Abb. 390; 238 Abb. 414; 267 Abb. 475; 280 Abb. 505; 286 Abb. 517.
- 15) Spanien: z. B. García 1966; 1969a; 1969b; Trillmich u. a. 1993, 295-296 (Casa del Mitreo in Mérida). – Italien: z. B. Calza u. a. 1953 (Ostia, Case a Giardino, Casa dei Triclini und Insula dei Dipinti); von Hesberg 2012, bes. 135 Abb. 8c (Castel Gandolfo, Villa des Domitian: Rampen mit Treppenstufen); Abb. 8b (Palatin, domus Flavia); Abb. 8e (Rom, Piazza di Sallustio). – Syrien: Ertel 2004, 9-11 (Tempel von as-Sanamain). Zu drei unterschiedlichen gewundenen Treppenkonstruktionen im Bêl-Tempel von Palmyra vgl. Seyrig/Amy/Will 1968, 48. 61-63 Abb. 32-33 Taf. 64-65. 70. 74-75. 83.
- 16) Mertens 2006, 400-404 Abb. 681; 2010, 88-91.
- 17) In dem von Plinius d. J. an Trajan verfassten Schreiben (Plin. epist. 10,37-38), bittet ersterer um die Sendung eines *librator* oder *architectus* für den Bau des Aquäduktes von Nikomedien in Bithynien. Die abschlägige Antwort des Trajan folgt auf dem Fuß. Plinius 2014, 41-42. – Vgl. auch die Inschriften CIL VII

2728. 18122, ILS 5795 des *librator* Nonius Datus: Grewe 1998, 134-139.
- 18) Wir danken J. Moutinho und V. Gandra (Alto Relevo – Clube de Montanhismo, Valongo/P), die uns diese bislang unpublizierten Prospektionsbaue zugänglich gemacht und bei der Aufnahme unterstützt haben. – Der hauptsächlich aus Bronzegefäßen bestehende Hortfund aus der Fojo das Pombas wird spätestens ins 2. Jh. datiert (Mendes Pinto 2000, 403).
- 19) Frdl. Mitt. A. Wilson (University of Oxford). – Die von B. Cauuet publizierte »descenderie hélicoïdale« kann nicht mit dem Beispiel von Tresminas verglichen werden, zumindest nach der Darstellung in Cauuet 2005, 40 Abb. 3. – Rosumek 1982, 67-68 verweist auf Wendeltreppen in Laurion (Lavrio, Attika/GR), in einem Steinbruch an der Pellenz (Lkr. Mayen-Koblenz/D) sowie im Bergwerk von Cala (prov. Murcia/E).
- 20) Vgl. beispielsweise den Bau der Galeria dos Alargamentos im Gegenortverfahren (Wahl-Clerici/Helfert 2017, 60) sowie die zusammenhängende Konstruktion der Galeria Jürgen Wahl, der Galeria do Pilar und den verbindenden Schacht (Wahl-Clerici 2010, 448-452; Wahl-Clerici/Helfert 2017, 65-68).

Literatur

- Arias/Fernández/Morillo 2009: F. Arias Vilas / C. Fernández Ochoa / Á. Morillo Cerdán, Torre de Hércules, Finis Terrae Lux: simposio sobre os faros romanos e a navegación occidental na antigüidade, A Coruña, xuño de 2008 = Simposio sobre los faros romanos y la navegación occidental en la antigüedad, A Coruña, junio de 2008. *Brigantium* 20 (A Coruña 2009).
- Beckmann 2002: M. Beckmann, The »Columnae Coc(h)lides« of Trajan and Marcus Aurelius. *Phoenix* 56/3-4, 2002, 348-357.
- Calza u. a. 1953: G. Calza / G. Becatti / I. Gismondi / G. de Angelis D'Ossat / H. Bloch, Scavi di Ostia. 1: Topografia generale (Roma 1953).
- Cauuet 2005: B. Cauuet, Mines d'or et d'argent antiques de Dacie. Le district d'Alburnus Maior (Rosia Montana, Roumanie). *Nouvelles Arch.* 100, 2005, 38-43.
- Ertel 2004: Ch. Ertel, Zur Treppe des Tempels von as-Sanamain. *Damaszener Mitt.* 14, 2004, 1-11.
- Evans 1921: A. Evans, The palace of Minos: a comparative account of the successive stages of the early Cretan civilization as illustrated by the discoveries at Knossos. I: The Neolithic and Early and Middle Minoan Ages (London 1921).
- 1928: A. Evans, The palace of Minos: a comparative account of the successive stages of the early Cretan civilization as illustrated by the discoveries at Knossos. II, 2: Town-Houses in Knossos of the New Era and restored West Palace Section, with its state approach (London 1928).
- Fernández/Morillo 2010: C. Fernández Ochoa / A. Morillo, Roman Lighthouses on the Atlantic Coast. In: C. Carreras / R. Morais (Hrsg.), *The Western Roman Atlantic Façade. A study of the economy and trade in the Mar Exterior from the Republic to the Principate.* BAR Internat. Ser. 2162 (Oxford 2010) 109-115.
- Fritz 1990: V. Fritz, Die Stadt im alten Israel (München 1990).
- García 1966: E. García Sandoval, Informe sobre las casas romanas de Mérida y excavaciones en la »Casa del Anfiteatro«. *Excavaciones Arqu. España* 49 (Merida 1966).
- 1969a: E. García Sandoval, La casa romana del Anfiteatro (Mérida 1969).
- 1969b: E. García Sandoval, El mosaico cosmogónico de Mérida. *Bol. Seminario Estud. Arte y Arqu.* Valladolid 34-35, 1969, 9-29.
- Grewe 1998: K. Grewe, Licht am Ende des Tunnels. Planung und Trassierung im antiken Tunnelbau (Mainz 1998).
- Hauschild 1976: T. Hauschild, Der römische Leuchtturm von La Coruña (Torre de Hercules). Probleme seiner Rekonstruktion. *Madrider Mitt.* 17, 1976, 238-257.
- von Hesberg 2012: H. von Hesberg, *Scalae convivio utlia secretiore ambitu suggerunt – Bediengänge und -treppen in der Residenzarchitektur.* In: F. Arnold / A. W. Busch / R. Haensch / U. Wulf-Rheidt (Hrsg.), *Orte der Herrschaft. Charakteristika von antiken Machtzentren. Menschen – Kulturen – Traditionen.* Stud. Forschungscluster DAI 3 (Rahden/Westf. 2012) 125-138.
- Hutter 1973: S. Hutter, Der römische Leuchtturm von La Coruña. *Madrider Beitr.* 3 (Mainz 1973).
- Karo 1934: G. Karo, Die Perseia von Mykenas. *Am. Journal Arch.* 38, 1934, 123-127.
- Kersten/Lindstaedt/Mechelke 2013: Th. Kersten / M. Lindstaedt / K. Mechelke, Terrestrisches Laserscanning auf der Osterinsel – Dokumentation der Moai und der archäologischen Grabungen. *Zeitschr. Arch. Außereurop. Kulturen* 5, 2013, 67-121.
- Kersten/Mechelke/Maziull 2015: Th. Kersten / K. Mechelke / L. Maziull, 3D-Model of Al Zubarah Fortress in Qatar – Terrestrial Laser Scanning vs. Dense Image Matching. In: D. Gonzalez Aguilera / F. Remondino / J. Boehm / Th. Kersten / T. Fuse (Hrsg.), *6th International Workshop 3D-ARCH 2015: 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures*, 25-27 February 2015, Avila, Spain. *Internat. Archives Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Scien.* XL 5/W4 (Avila 2015) 1-8.
- Kersten u. a. 2014: Th. Kersten / K. Mechelke / M. Lindstaedt / F. Tschirwitz / K. Schreyer / L. Maziull, Bildbasierte Low-Cost-Systeme zur automatischen Generierung von 3D-Modellen archäologischer Fundstücke in Äthiopien und Katar. In: Th. Luhmann / Ch. Müller (Hrsg.), *Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik – Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2014* (Berlin, Offenbach 2014) 210-222.
- Martínez Maganto 1990: J. Martínez Maganto, Faros y luces de señalización en la navegación Antigua. *Cuad. Prehist. y Arq.* 17, 1990, 67-89.
- Mendes Pinto 2000: J. M. S. Mendes Pinto, Instalações mineiras romanas no Fojo das Pombas (Valongo, Portugal). In: V. O. Jorge (Hrsg.), *3º Congresso de Arqueologia Peninsular: UTAD, Vila Real, Portugal, setembro de 1999.* 6: *Arqueologia da antiguidade na Península Ibérica* (Porto 2000) 401-419.
- Mertens 2006: D. Mertens, Städte und Bauten der Westgriechen: Von der Kolonisationszeit bis zur Krise um 400 vor Christus (München 2006).

- 2010: D. Mertens, L'architettura templare. In: S. Tusa (Hrsg.), Selinunte. Stud. Arch. 179 = Citta Ant. Sicilia 1 (Roma 2010) 65-96.
- Mielke 1982: F. Mielke, Beitrag zur Entstehung der Wendeltreppe. In: Bericht über die 31. Tagung für Ausgrabungswissenschaft und Bauforschung: vom 14.-18. Mai 1980 in Osnabrück (Bonn 1982) 78-82.
- Plinius 2014: C. Plinius Caecilius Secundus, Epistulae. Sämtliche Briefe. Übers. und hrsg. von Heribert Philips und Marion Giebel. Reclams Universal-Bibl. 18742 (Stuttgart 2014).
- Rosumek 1982: P. Rosumek, Technischer Fortschritt und Rationalisierung im antiken Bergbau. Habelts Dissertationsdrucke R. Alte Gesch. 15 (Bonn 1982).
- Ruggeri 2006: S. Ruggeri, Selinunt (Messina 2006).
- Sabottka 2008: M. Sabottka, Das Serapeum in Alexandria. Untersuchungen zur Architektur und Baugeschichte des Heiligtums von der frühen ptolemäischen Zeit bis zur Zerstörung 391 n. Chr. Études Alexandrines 15 (Le Caire 2008).
- Seyrig/Amy/Will 1968: H. Seyrig / R. Amy / W. Will, Le temple de Bêl à Palmyre. Album. Bibl. Arch. et Hist. 88 (Paris 1968).
- Trillmich u. a. 1993: W. Trillmich / Th. Hauschild / M. Blech / H. G. Niemeyer / A. Nünnerich-Asmus / U. Kreilinger, Hispania Antiqua: Denkmäler der Römerzeit (Mainz 1993).
- Verdelis 1963: N. Verdelis, Tiryns' Water Supply. Archaeology 16/2, 1963, 129-130.
- Wagner/Weisgerber/Kroker 1985: G. A. Wagner / G. Weisgerber / W. Kroker (Hrsg.), Silber, Blei und Gold auf Sifnos: Prähistorische und antike Metallproduktion. Anschnitt Beih. 3 = Veröff. Dt. Bergbau-Mus. Bochum 31 (Bochum 1985) 240-242.
- Wahl 1988: J. Wahl, Três Minas. Vorbericht über die archäologischen Untersuchungen im Bereich des römischen Goldbergwerks 1986/87. Madrider Mitt. 29, 1988, 221-244.
- 1998: J. Wahl, Aspectos tecnológicos da indústria mineira e metalúrgica romana de Três Minas e Campo de Jales (Concelho de Vila Pouca de Aguiar). In: Actas do Seminário Museologia e Arqueologia Mineiras (Lisboa 1998) 57-68.
- Wahl-Clerici 2010: R. Wahl-Clerici, Untersuchungen zum Abbaufortschritt in der Corta de Covas (Tagebau A) im römischen Goldbergwerk von Três Minas (conc. Vila Pouca de Aguiar, Portugal). In: J. G. Gorges / T. Nogales Basarrate (Hrsg.), Naissance de la Lusitanie romaine (1^{er} av.-1^{er} ap. J.-C.). VII^e table ronde internationale sur la Lusitanie romaine (Toulouse, 8-9 novembre 2007). Origen de la Lusitania romana (siglos I a.C.-I d.C.). VII Mesa Redonda Internacional sobre la Lusitania Romana (Toulouse, 8-9 novembre 2007) (Toulouse, Mérida 2010) 437-458.
- Wahl-Clerici/Helfert 2017: R. Wahl-Clerici / M. Helfert, A Indústria Mineira do Território Metallorum Romano de Tresminas e Campo de Jales. In: C. M. Braz Martins / P. Machado / J. I. F. P. Martins (Hrsg.), Território Metallorum Tresminas, Jales, Vila Pouca de Aguiar: I Simpósio internacional, Vila Pouca de Aguiar, 6-7 de Dezembro de 2014 (Vila Pouca de Aguiar 2017) 47-93.
- Wahl-Clerici/Wiechowski 2013: R. Wahl-Clerici / A. Wiechowski, Untersuchungen zur antiken Prospektion von Erzlagerstätten mit bergbaulichen Beispielen aus dem römischen Goldbergwerksdistrikt von Três Minnas, Gralheira und Campo de Jales in Nordportugal. Madrider Mitt. 54, 2013, 299-326.
- Wahl-Clerici/Helfert/Wiechowski 2012: R. Wahl-Clerici / M. Helfert / A. Wiechowski, Três Minas – Eine Bergwerkskatastrophe mit Rettungsaktion in der römischen Kaiserzeit. Frankfurter Elektron. Rundschau Altkde. 17, 2012, 12-28.

Zusammenfassung / Summary / Résumé

Der römische Wendeltreppenschacht im *territorium metallorum* Tresminas/Jales (freg. Tresminas; distr. Vila Real/P)

Im römischen Goldbergwerksbezirk von Tresminas, Gralheira und Campo de Jales im nördlichen Portugal sind dank des anstehenden festen Gesteins und in der Folgezeit weitgehend ausgebliebener Zerstörungen zahlreiche Prospektionsbaue erhalten geblieben. Unter den Stollen und Schächten stellt ein mehrfach rechtwinklig abgknickter Wendeltreppenschacht in der Corta da Ribeirinha eine Besonderheit dar. Dessen auffällige Architektur lässt sich als Ergebnis aus situationsbedingten technischen und bergbaulichen Notwendigkeiten erschließen. Zahlreiche Planungsänderungen während seiner Errichtung deuten darauf hin, dass dessen endgültige Architektur das Resultat von sich während des Baus mehrfach ändernden Zielsetzungen und Vorgehen ist, die beim Bergbau nur als Reaktion auf erschlossene Edelmetallkonzentrationen interpretiert werden können. Die gewählte Bauweise des Abstieges, in der über Winkel der Treppen, Länge der geraden Abschnitte und Abknickwinkel der Schächte bzw. der Stollen der Verlauf und das Ende des Bauwerkes nahezu zu jeder Zeit während des Bauverlaufes neu bestimmt werden konnten, ermöglichte ohne umfangreichere Neuvermessungen ein direktes Reagieren auf die örtlichen Prospektionsergebnisse.

**The Roman Spiral Stairwell in the *territorium metallorum* Tresminas/Jales
(freg. Tresminas; distr. Vila Real/P)**

In the Roman goldmine district of Tresminas, Gralheira and Campo de Jales in Northern Portugal many remains of prospection survived due to the hard stone *in situ* and the largely absent destruction in the following periods. The spiral stairwell in the Corta da Ribeirinha deviating several times rectangularly, presents a peculiarity among the galleries and shafts. Its remarkable architecture is the result from situational technical and mining conditions. Numerous changes in planning indicate that the final appearance expresses the changing aims and approaches during its construction. As for mining this can only be interpreted as a reaction to the exploitation of precious metal concentrations. Due to the angles of stairs, lengths of straight sections und deviating angles of shafts and galleries it was possible to change the course and end of the building almost at every moment during its construction and therefore react directly on local prospection results without new extensive surveys. Translation: M. Struck

**La cage d'escalier romaine en colimaçon dans le *territorium metallorum* Tresminas/Jales
(freg. Tresminas; distr. Vila Real/P)**

Dans le district minier romain de Tresminas, Gralheira et Campo de Jales au nord du Portugal, de nombreuses structures de prospection minière ont été préservées grâce à la présence de roches solides et à l'absence de destructions. Parmi les tunnels et les puits, une cage d'escalier en colimaçon dans la Corta da Ribeirinha, qui a présente plusieurs angles droits, est une particularité. Son architecture remarquable est le résultat de nécessités techniques et minières liées à son emplacement. De nombreux changements de planification au cours de sa construction indiquent que son architecture finale est le résultat d'objectifs et de procédures qui ont changé plusieurs fois au cours de sa construction, ce qui ne peut être interprété qu'en réaction à la concentration des métaux précieux développés dans l'industrie minière. La conception choisie de la descente, dans laquelle le tracé et l'extrémité de la structure pouvaient être redéfinis à presque n'importe quel moment du processus de construction au moyen des angles des escaliers, de la longueur des sections droites et de l'angle des puits ou des galeries, a permis une réaction directe aux résultats des prospections minières locale sans la prise de mesures importantes quant aux modifications du plan. Traduction: L. Bernard

Schlüsselwörter / Keywords / Mots clés

Portugal / römische Kaiserzeit / Wendeltreppenschacht / 3D-Scanning / Goldbergwerk
Portugal / Roman Principate / spiral stairwell / 3D scanning / gold mine
Portugal / haut empire romain / puits hélicoïdal / 3D scanning / mine d'or

Regula Wahl-Clerici

Rainweg 3
CH - 8810 Horgen
regulawahl@gmail.com

Thomas Schierl

Riedfeldstr. 35/37
68169 Mannheim
thomasschierl@gmx.de

Klaus Mechelke

HafenCity Universität Hamburg
Geodätisches Labor
Überseeallee 16
20457 Hamburg
Klaus.mechelke@hcu-hamburg.de

Markus Helfert

Goethe-Universität Frankfurt/M.
Institut für Archäologische Wissenschaften
Norbert-Wollheim-Platz 1
60629 Frankfurt a. M.
m.helfert@em.uni-frankfurt.de

Maren Lindstaedt

HafenCity Universität Hamburg
Geodätisches Labor
Überseeallee 16
20457 Hamburg
maren.lindstaedt@hcu-hamburg.de