

Regula Wahl-Clerici
Annemarie Wiechowski
Markus Helfert
Britta Ramminger

Die Golderzaufbereitung im römischen Bergwerksbezirk von Três Minas und Campo de Jales in Nordportugal

Einführung

Der römische Goldbergwerksbezirk von Três Minas und Campo de Jales in Nordportugal (Abb. 1) ist ein hervorragendes Beispiel für das hohe Ingenieurwissen und das handwerkliche Geschick der Römer. Es wurde kein Aufwand gescheut, um Ausbeutung der Golderze und Produktion des Goldes zu optimieren.

Das in den Bergwerken gewonnene Erz musste wegen der engen Verwachsung der Erzminerale miteinander und mit der Gangart aufbereitet werden, bevor es dem eigentlichen Hüttenprozess zugeführt werden konnte. Dank der außerordentlich guten Erhaltung der antiken Monumente können im römischen Bergwerksbezirk von Três Minas und Campo de Jales die verschiedenen

Gold ore treatment in Roman mining district of Três Minas and Campo de Jales in northern Portugal

The finds in the Roman mining district of Três Minas and Campo de Jales confirm comprehensive treatment of the mined gold ores on an industrial scale. The around 750 stamp floors conserved must be assumed to have been part of mechanically operated stamp mills. The number is many times larger than corresponding finds in the Roman Empire. This may be considered an indication that stamp mills were used for the first time in the mining district of Três Minas. The large washing systems are further proof of the complex ore treatment. The decline of gold mining under the Roman Treasury in the north-western part of the Iberian Peninsula around 200 AD also led to the end of industrial activities in the mining district of Três Minas and Campo de Jales, meaning knowledge about the stamp mills was lost for centuries.

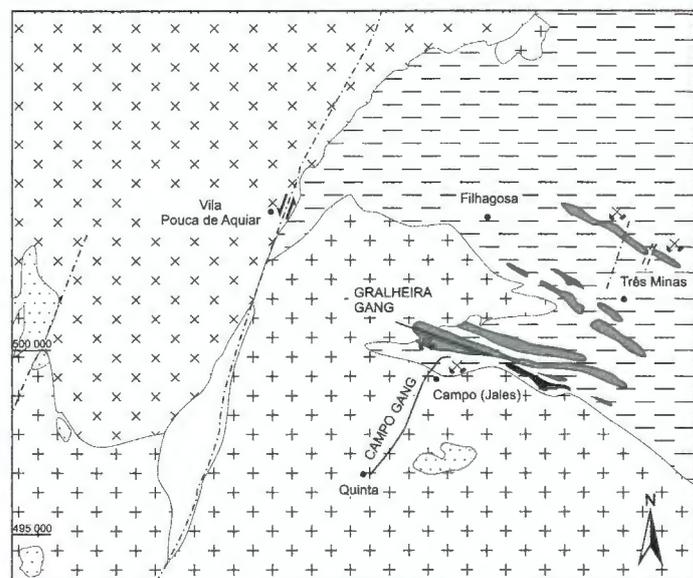


Abb. 1: Vereinfachte geologische Karte des Goldbergwerksbezirkes von Três Minas und Campo de Jales (nach Santos Oliveira 1990) mit der Lage der Erzvorkommen

Stufen von Aufbereitung nachvollzogen werden. Aufgrund der unterschiedlichen Vererzung in den einzelnen Lagerstätten im Goldbergwerksbezirk haben Abbau, Aufbereitung und Verhüttung unterschiedliche Spuren hinterlassen.

Eine wichtige Grundlage für das Verständnis des Aufbereitungsprozesses ist die Textstelle des Gaius Plinius Secundus d. Ä., wo die einzelnen Schritte überliefert sind (XXXIII 69). Als Finanzprokurator der Hispania Tarraconensis (72-74 n. Chr.), zu der der goldreiche Nordwesten der iberischen Halbinsel gehörte, war Plinius nicht nur oberster Verwalter des damals wichtigsten Einkommenszweiges der Provinz, sondern auch Augenzeuge der Bergbauindustrie und ihrer Abläufe. Jürgen Wahl († 2007) interpretierte bereits 1988 diese Plinius-Stelle im Zusammenhang mit seinen Forschungen in Três Minas.¹ Wir werden uns im Folgenden auf die entscheidenden Ergebnisse seiner Interpretation stützen.

Die im 1. und 2. Jh. n. Chr. abgebauten Goldlagerstätten von Três Minas, Gralheira und Campo de Jales liegen in den südlichen Ausläufern der Serra da Padrela (1148 m NN), östlich des Concelho-Hauptortes Vila Pouca de Aguiar. Außerordentlich gut erhalten sind die Überreste bergbaulicher Tätigkeit durch die Römer im Bereich der Lagerstätte von Três Minas, wo seit der Antike Veränderungen fast ausschliesslich durch natürliche Erosionsvorgänge stattfanden. Der abgebaute Gangzug von Gralheira zeichnet sich

als markanter, sich teilweise auffächernder Einschnitt im Gelände ab. Dies trifft prinzipiell auch für den Gangzug von Campo zu, wobei dieser durch den im 20. Jahrhundert erneut einsetzenden Abbau sowie Industrieanlagen und Siedlungsbau massiv gestört wurde. Nachweislich wurden von den Betreibern der „Minas de Jales (Lda.)“ zuerst die römischen Schlackenhalde verhüttet. Der Gewinn soll so hoch gewesen sein, dass der Aufbau der neuen Mine damit finanziert werden konnte.²

Die drei Lagerstätten

Geologisch wird das Gebiet der Goldlagerstätten hauptsächlich von Graniten eingenommen (Abb. 1), die im intrusiven Kontakt zu ehemaligen Ablagerungsgesteinen (Metasedimenten) stehen, deren Alter von Kambrium bis Unterdevon reicht. Die gefalteten und intensiv geschieferten Metasedimente in der Grünschieferfazies streichen WNW-ESE und fallen mit 70-80° nach NNE ein. Im Kontaktbereich der Metasedimente zum Jales-Granit kam es zur Ausbildung einer bis zu 350 m breiten kontaktmetamorphen Zone aus Andalusit- und Sillimanit-Hornfels. Die Goldvererzungen sind an die Granite sowie an die Nebengesteine gebunden und folgen varistischen Strukturen (Alter ca. 300 Millionen Jahre).

Abb. 2a: Corta de Covas von Osten



Três Minas

Die Goldlagerstätten von Três Minas wurden von den Römern in zwei großen Tagebauen („Corta de Covas“ (Abb. 2) und „Corta da Ribeirinha“) sowie in einem kleineren Untertagebau („Corta dos Lagoinhos“) abgebaut und vollständig ausgeerzt. Die Vererzung war vermutlich an Quarzite und Quarzphyllite gebunden, die in einer bis zu 150 m breiten Zone parallel zur Schieferung silurischer Metasedimente auftraten. Die steilstehende Schieferung derselben streicht gleichmäßig von WNW nach ESE. Die vererzten Bereiche befanden sich vorwiegend in chloritischen Muskovit-Serizitschiefern, die stark silifiziert waren. Die Hauptminerale der Vererzung waren Quarz, Pyrit, Arsenkies und Magnetkies. Das durchweg sehr feinkörnige Gold (1-170 µm) ist mit diesen Mineralen sehr eng verwachsen. Es enthält bis zu ca. 20% Silber. Die drei Abbauzonen sind entlang einer Linie parallel zum Streichen der Gesteine angeordnet.

Campo de Jales

Die Goldvererzung ist vorwiegend an den varistischen mittel- bis grobkörnigen porphyrischen Zweiglimmergranit (Alter: 292 +/- 12 Millionen Jahre) gebunden und mit steil stehenden, NNE-SSW- oder NE-SW-streichenden Quarzgängen verknüpft. Diese sind 0,01-2 m mächtig und bis zu 2 km lang. Am Kontakt vom

Granit zu den benachbarten Schiefen ändern die Quarzgänge ihre Orientierung und biegen nach Osten in die Schieferungsflächen der Metasedimente um, wo sie sich aufspalten können. Zwei dieser Gänge, der Campo- und der Desvio-Gang, wurden von 1933 bis 1992 vom Bergbauunternehmen „Minas de Jales (Lda.)“ im Untertagebau ausgebeutet. Der Erzgang von Campo wurde von den Römern bereits bis zu einer Teufe von 120 m abgebaut. Die Quarzgänge sind gebändert und enthalten außer Quarz Arsenkies als Hauptmineral. Gold und Elektrum (Gold mit mehr als 20% Silber) in Korngrößen zwischen 1 und 350 µm sind im Quarz, im Arsenkies, in den Sulfiden und Sulfosalzen eingeschlossen und mit diesen Mineralen verwachsen. Silber findet sich auch in den Mineralen Argentit, Bleiglanz, Fahlerz und Polyargyrit.

Gralheira

Die Lagerstätte von Gralheira wird aus einer Serie steil stehender, WNW-ESE streichender Quarzlinsen, Gänge und Gangschwärme, die in ordovizische Schiefer eingelagert sind, gebildet. Die Mineralisation lässt sich über eine 5 km lange Linie von NW des modernen Bergwerksgeländes bzw. der Siedlung von Campo de Jales in Richtung Osten auf einer Breite zwischen 1 und 50 m verfolgen. Die Römer bauten die einzelnen, durchschnittlich 1

Abb. 2b: Römischer Abbau im Erzgang von Gralheira von Osten. Auffächerung des Erzgangs Richtung Westen



m breiten Linsen ab und sind dabei bis zu einer Tiefe von max. 140 m vorgedrungen. Die Mineralführung entspricht weitgehend derjenigen des Ganges von Campo de Jales.

Nach Untersuchungen von Coteló Neiva und Neiva enthalten die Desvio und Campo Goldquarzgänge einen Goldgehalt von 12,9 g/Tonne Gestein.³ Rosa entnimmt dem Report von COGEMA/EDM für Gralheira einen Goldgehalt von ca. 6,1 g/t.⁴ Das portugiesische Amt für Bergbau (Serviço de Fomento Mineiro) führte 1965 in Três Minas acht Bohrungen durch. Dabei wurde eine vier Meter mächtige Quarzlinse mit 14 g Gold/t gefunden.⁵

Die trockenmechanischen Aufbereitungsverfahren

Aus der Naturgeschichte von Gaius Plinius Secundus des Älteren erfährt man, wie zur römischen Zeit das primäre Golderz mechanisch-thermisch aufbereitet wurde. Die überlieferte Passage „*quod effossum est, tunditur, lavatur, uritur, molitur in farinam a pila scudem vocant*“ kann wegen der unwahrscheinlichen Reihenfolge nicht richtig sein, was vermutlich auf fehlerhafte Textüberlieferung zurückzuführen ist. Vielmehr müsste es nach Rosumek und Wahl heißen: Das Fördererz wird gepocht, gemahlen, geschlämmt, geröstet: „*tunditur, molitur in farinam, lavatur, uritur*“.⁶

tundere = Pochen

In geradezu unglaublicher Anzahl haben sich im römischen Goldbergwerksbezirk von Três Minas Unterlagssteine von Pochwerken, so genannte Pochsohlen oder -ambosse, erhalten (vgl. Abb. 10). Die Pochwerke dienten zur mechanischen Zerkleinerung des anfallenden Fördergutes durch regelmäßige Stöße mittels Stempeln. Bei den Pochsohlen handelt es sich um monolithische Granitquader mit einem Gewicht von 700-800 kg. Sie können wegen der unterschiedlichen Längenmaße von ca. 90, 100 bzw. 110 cm grob in drei Klassen eingeteilt werden. Breite und Höhe der Blöcke sind wegen Abnutzungserscheinungen nicht genau zu bestimmen. Die erfassten Abmessungen liegen zwischen knapp unter 40 cm bis knapp über 50 cm. Die von J. Wahl angenommenen Grundmaße von 3 x 1,5 x 1,5 römischen Fuss können deshalb als Richtmaß betrachtet werden.

Grundsätzlich finden wir auf den abgenutzten Oberflächen aller Pochsohlen vier Mulden (Abb. 3a und 3b), die so angeordnet sind, dass stets auf einer Seite ein ca. 15-20 cm breiter Streifen frei blieb. War eine Oberfläche abgenutzt, d. h. die Mulden waren so weit vertieft, dass die Pochhämmer nicht mehr richtig griffen, konnte der Stein gedreht und auf einer weiteren Längsseite erneut eingesetzt werden. Meist wurden drei Seiten abgenutzt, in Ausnahmefällen wurden alle vier Längsseiten benötigt. Bei einzelnen Exemplaren ist die Abnutzung extrem stark. Die Normung sowie die Regelmäßigkeit der Abnutzungsspuren sprechen dafür, dass die Blöcke als auswechselbare Teile mechanisch betriebener Pochwerke benutzt wurden.⁷ Vier Mulden bildeten scheinbar die Norm, wie Vergleichsbeispiele aus Spanien und Wales belegen.⁸

Die zeichnerische Interpretation einer Pochmaschine aus römischer Zeit beschränkt sich auf den Amboss und die Pochhämmer, denn über den Antrieb können nur Vermutungen angestellt werden (Abb. 4).⁹ Die stets vorhandenen Unregelmäßigkeiten bei den Mulden machen es wahrscheinlich, dass die mit Eisenschuhen bewehrten Hämmer eine Tendenz zur Verkei-



Abb. 3a: Três Minas. Galeria do Pilar. 24 Pochsohlen bilden die Ummantelung des Pfeilers



Abb. 3b: Três Minas (Freg. Três Minas, Concelho Vila Pouca de Aguiar). Stark abgenutzte Pochsohle

lung hatten. Die rund 1400 Jahre jüngeren Beispiele bei Agricola zeichnen sich denn auch durch eine sorgfältige Konstruktion zur Führung der Hämmer aus (Abb. 5). Da diese Aufbauten auch in römischer Zeit mit Sicherheit aus Holz bestanden, ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass Belege gefunden werden. Ausgeschlossen werden kann mit Sicherheit eine einfache Hebelkonstruktion, wie sie von Chamos Lamas für Barbantes vorgeschlagen wurde.¹⁰

Bereits 1988 schrieb Wahl zu den Pochsohlen und ihrem Verständnis: „Zweifellos liefern die quaderförmigen Granitblöcke auch den Schlüssel zum Verständnis des wenig geläufigen und von Plinius nat. 33, 69 mit „pila“ nur ungenau erklärten bergmännischen Fachbegriffs „cudis“: ... pilae cudis vocant. Der Vergleich pila = cudis trifft nämlich nicht ganz zu, da „pila“ gewöhnlich für „Mörser“ oder „Trog“, „cudis“ dagegen – wie das entsprechende griechische AKMON – im Sinne von „Amboss“ gebraucht worden ist. Seiner Grundbedeutung (cudere = schlagen, klopfen, stampfen) gemäss bezeichnete „cudis“ eine weder der Form noch der Zweckbestimmung nach genauer definierte blockartige Schlagunterlage mit ebener Fläche. Im Zusammenhang mit der Erzaufbereitung in den nordwesthispanischen

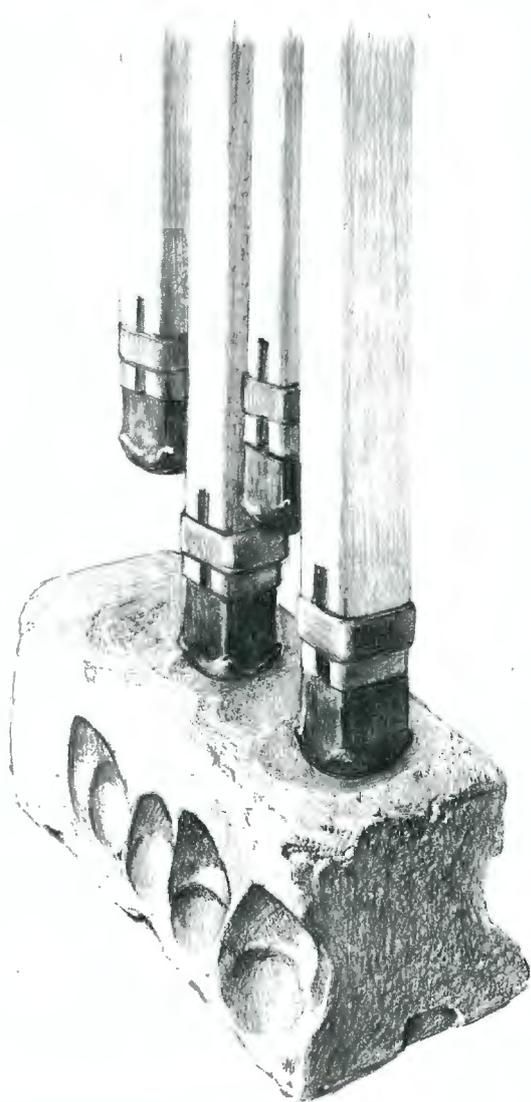


Abb. 4: Rekonstruktionszeichnung eines Pochwerks

Goldbergwerken jedenfalls wird klar, dass „cudes“ auf gar nichts anderes bezogen werden kann als auf die in Três Minas und Jales so zahlreich vorkommenden Granitquader.“ Dass „cudis“ darüber hinaus der Terminus technicus für „Pochwerk“ gewesen ist, erscheint nahe liegend.¹¹

Die Anzahl der in Três Minas gefundenen Pochsteine übertrifft diejenige in allen anderen Bergwerken im römischen Reich entdeckten um ein Hundertfaches. Rund 700 Stück konnten allein als Spolien in verschiedenen Siedlungen um die Abbauzone von Três Minas gezählt werden. Deshalb ist zu vermuten, dass die Pochwerke im NW der Iberischen Halbinsel erfunden wurden, vielleicht sogar in Três Minas selbst.

Ausnahmsweise wurden von den Römern ebenfalls Pochsohlen aus dem in der Abbauzone von Três Minas anstehenden kristallinen Schiefer eingesetzt. Die Masse der bislang drei bekannten Stücke entsprechen, soweit erhalten, denjenigen Exemplaren aus Granit. Ein Fragment stammt der Mitte des Quaders (Länge 104,5 cm, Breite max. 39,5 cm, Höhe 18,5 cm). Die Mulden belegen, dass der Quader auf mindestens zwei Seiten abgenutzt ist. Das zweite, wohl vollständig erhaltene Beispiel ist in einer Mauer verbaut. Der sichtbare Anteil zeigt keinen Unterschied zu einem



Abb. 5: Pochwerk nach Agricola

Granitquader (Länge mind. 96 cm, Breite max. 42 cm, Höhe 41,5 cm). Masse und erhaltene Mulden weisen darauf hin, dass die Quader aus Schiefer in die gleichen Pochmaschinen eingefügt wurden wie die Granitsteine. Das Auffinden weiterer Fragmente kann nicht ausgeschlossen werden.

Ein Unikat ist der Bodenstein einer römischen Gesteinsmühle aus Granit, der mit kleinen Kuhlen auf der Reibfläche übersät ist (Abb. 6). Diese belegen die sekundäre Nutzung. Vergleichsbeispiele aus älteren, gleichzeitigen und jüngeren Epochen lassen vermuten, dass auf der harten Unterlage hartes Material, wahrscheinlich Erz, von Hand mit Hilfe eines Hammers aus Stein oder Metall zerkleinert wurde.¹² Dies geschah frühestens in römischer Zeit, wahrscheinlich aber später.¹³

Abb. 6: Três Minas. Bodenstein mit Zentralloch einer römischen Gesteinsmühle aus Granit mit kleinen Kuhlen. Sekundär als Unterlage für das Pochen von Hand verwendet



„molire in farinam“ = Feinmahlen

Das etwa zu Erbsengrösse gepochte goldhaltige Gestein wurde im Anschluss in Rotationsmühlen zu Pulver zermahlen. Dieser Vorgang entspricht dem „molire in farinam“ des Plinius. Überreste der Gesteinsmühlen sind sowohl in der näheren Umgebung der Tagebaue als auch in den heutigen Dörfern allgegenwärtig. Spolien in der römischen Siedlung belegen, dass nicht mehr benutzbare Mühlsteine willkommenes Baumaterial waren. Daran hat sich bis in die neueste Zeit kaum etwas geändert. Ein Versuch, die erhaltenen Mühlsteine inkl. Bruchstücke numerisch zu erfassen, musste wegen ihrer hohen Anzahl und der teilweise starken Fragmentierung aufgegeben werden.

Die Rundmühlen – „molae versatiles“ – haben einen Durchmesser von zwei römischen Fuss (60 cm). Der Fundbestand setzt sich fast ausschliesslich aus scheibenförmigen Mahlwerken mit flachen bis flach kegelförmigen Mahlflächen zusammen. Charakteristische Gebrauchsspuren sind konzentrische Rillen, sowie die zum Aufrauhen der glatt geschliffenen Mahlflächen radial eingeerbten Furchen (Abb. 7).

Abb. 7a: Três Minas. Abbauzone. Zerbrochener Oberstein einer Rundmühle mit Rillen und Furchen zur Nachschärfung. Querschnitt: 59 cm



Abb. 7b: Três Minas. Abbauzone. Querschnitt mit Zentralloch und den beiden Einarbeitungen zur Antriebskonstruktion.



Zum Antriebsmechanismus

Wie bereits erwähnt, hat sich weder der Antriebsmechanismus der Poch- noch derjenige der Rotationsmühlen erhalten. Bei den Rotationsmühlen ist zu vermuten, dass er sich nicht grundsätzlich von demjenigen der Getreidemühlen unterschied. Es muss davon ausgegangen werden, dass stets menschliche oder tierische Arbeitskraft eingesetzt wurde. Der Einsatz von Wasserkraft muss bis zum Beleg des Gegenteils angezweifelt werden, da das Angebot an Wasser im Minenbereich sehr knapp war und mit grossem Aufwand herangeführt werden musste.¹⁴

Die Herkunft des zur Herstellung von Pochsohlen und Gesteinsrotationsmühlen verwendeten Granits

Fast alle Pochambosse und Mühlsteine bestehen aus Granit. Für die Anfertigung der Werksteine wurde jedoch nicht der örtliche (Campo de Jales) bzw. nahegelegene (Três Minas) Zweiglimmergranit verwendet, sondern der viel härtere porphyrische Biotitgranit. Einige Kilometer westlich der Goldlagerstätten von Campo de Jales und Três Minas befindet sich ein herzynisches Granitmassiv, das sog. Massiv von Vila Pouca, dessen porphyrische Biotitgranite eine auffallende Ähnlichkeit mit dem Werkstein der Amboß- und Mühlsteine aufweisen.

Petrographische Untersuchungen der granitischen Gesteine des Vila Pouca-Massivs ergaben drei verschiedene geochemische Fazies¹⁵:

1. mittelkörniger Biotitgranit
2. fein- bis mittelkörniger jüngerer Biotitgranit sowie
3. grobkörnige Randfazies.

Die Ausbildung und Mineralführung des mittelkörnigen granitischen Materials der Amboß- und Mühlsteine entspricht dem mittelkörnigen Biotitgranit (Fazies 1).

Wegen der beträchtlichen Ausdehnung des mittelkörnigen Biotitgranits innerhalb des Massivs von Vila Pouca de Aguiar (Abb. 8) wurde versucht, mögliche römische Steinbruchgebiete mittels der chemischen Zusammensetzung der Biotite einzugrenzen. Dazu wurden die mit Hilfe der Elektronenstrahlmikrosonde ermittelten Biotitanalysen der römischen Werkstücke mit denjenigen der anstehenden Granite verglichen. Die nummerierten Punkte in Abb. 8 markieren die Stellen der Probeentnahmen im anstehenden Granit.

Die Zusammensetzung der Biotite ist aus dem Diagramm der Abb. 9 ersichtlich. Die nummerierten runden schwarzen Punkte und Rauten (Nummern der Proben) stellen die Biotite aus dem anstehenden mittelkörnigen Granit dar, die kleinen leeren Kreise stehen für die Biotite der untersuchten römischen Werkstücke. Die Lage der Punkte bestätigt die Herkunft der römischen Poch- und Mühlsteine aus dem mittelkörnigen porphyrischen Biotitgranit. Aus der Häufung der Punkte innerhalb der eingezeichneten Ellipse ergeben sich zwei mögliche Gewinnungsorte (Abb. 8) mit sehr ähnlicher Geochemie der Biotite.

Die eine Stelle liegt an der östlichen Grenze des Granitmassivs von Vila Pouca. Die Luftlinie zwischen dem Granitsteinbruch und dem Verwendungsort im Bergbauggebiet beträgt ca. 6-7 km. Diese Stelle zeichnet sich dadurch aus, dass für den Transport nur ein relativ geringer Höhenunterschied überwunden werden musste. Das andere Gebiet kann westlich von Campo de Jales in ca. 7,5 km Luftlinie lokalisiert werden. Hier mussten allerdings

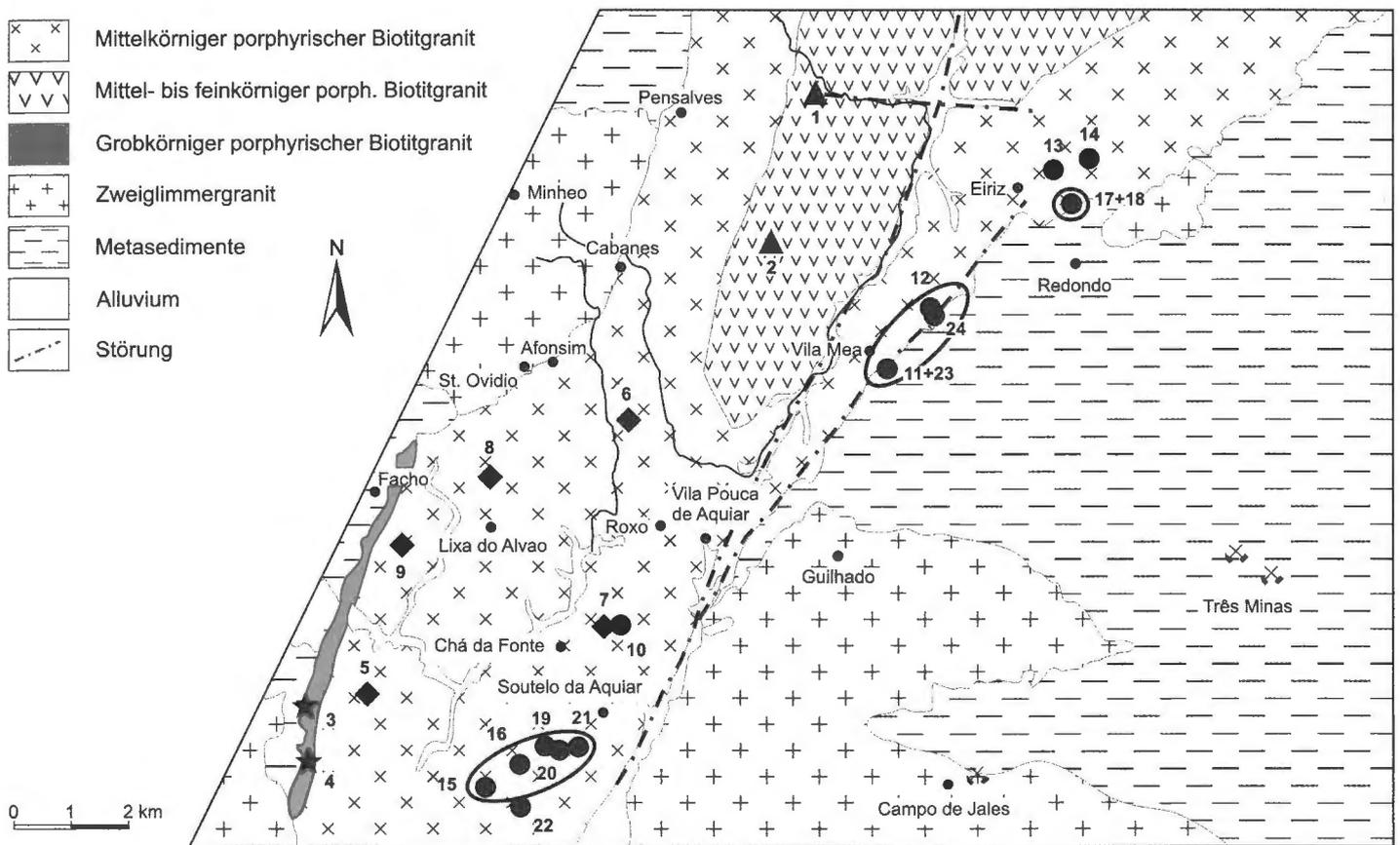
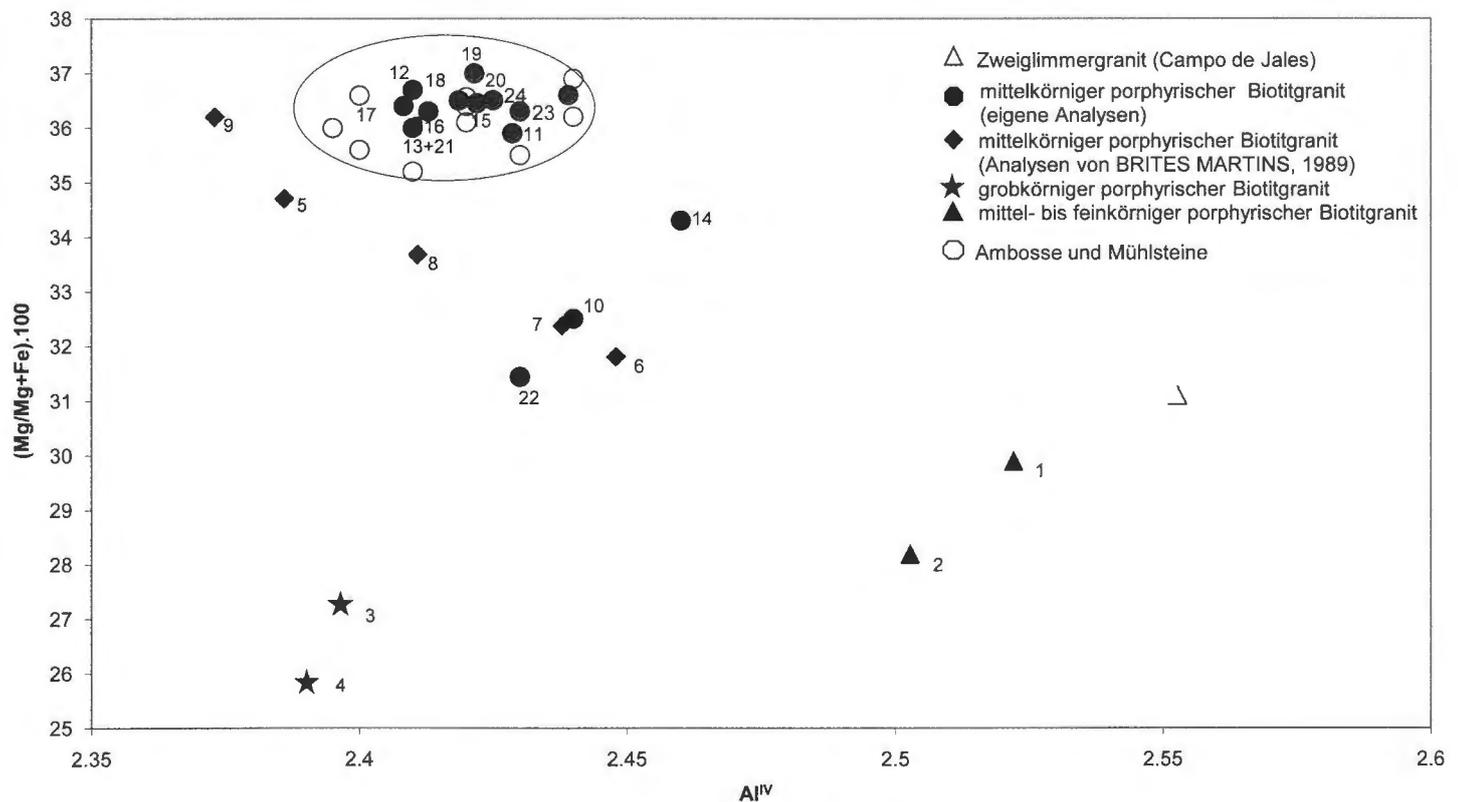


Abb. 8: Geologische Karte des granitischen Massivs von Vila Pouca de Aquiar (nach Brites Martins) mit Stellen der Probenahme und möglichen Granit-Abbaubieten (siehe Ellipsen)

Abb. 9: Zusammensetzung von Biotiten im Diagramm $Al^{IV} - Mg/(Mg + Fe) \cdot 100$ (römische Ambosse und Mühlesteine, Granite)



über 400 m Höhendifferenz zu beiden Bergbauzonen überwunden werden. Beide Gebiete befinden sich in Hanglage, wo grosse kugelige oder wollsackähnliche Granitformationen bis heute abgebaut und mit Hilfe von Eisenkeilen, ähnlich wie zu römischer Zeit, gespalten werden. Der jüngere Granitabbau zerstörte mögliche Beweise für römische Steinbrüche wohl für immer. So wurde die romanische Kirche S. Martinho de Bornes, aus deren Nähe die Probe Nr. 12 stammt, aus dem örtlich anstehenden Biotitgranit errichtet. Damit ist die von Rosumek vertretene These, dass die Pochambosse über grosse Entfernungen verhandelt worden seien, widerlegt.¹⁶

Beim Betrachten der geologischen Karte (Abb. 8) kann die Frage gestellt werden, warum der Granit nicht der nahe von Campo de Jales liegenden Grenze des Granitmassivs von Vila Pouca entnommen wurde. Der Grund besteht darin, dass die Grenze zwischen Granit und kristallinem Schiefer tief im Tal liegt und der Granit von einer mächtigen Schicht von Verwitterungsgrus überlagert wird. Man musste das Tal überqueren, um in höheren Lagen an freiliegende Granitblöcke zu gelangen.

Zur Verteilung der Pochsohlen und der Gesteinsmühlen im Bergwerksbezirk von Três Minas

Diagramm 1 (Abb. 10a) zeigt die Häufigkeit des Auftretens der Pochsohlen im Bergwerksbezirk von Três Minas und Campo de Jales. Aus Diagramm 2 (Abb. 10b) wird ersichtlich, dass die Pochsohlen (inkl. Fragmente) im Gebiet von Três Minas hauptsächlich in den beiden den Abbau- und Aufbereitungszonen am nächsten liegenden Ortschaften Ribeirinha und Covas verbaut wurden. Einige Pochsohlen befinden sich jedoch noch im engsten Bereich der Abbauzonen bzw. an den ehemaligen Abbaustellen. So beispielsweise die im namensgebenden Pfeiler des Stollens „Galeria do Pilar“ verbauten Exemplare. Dieser Stützpfeiler wurde bereits während der Funktionszeit des Förder- und Entwässerungstunnels errichtet.¹⁷ Nicht ganz auszuschliessen ist, dass das geförderte Material teilweise bereits innerhalb der Tagebaue gepocht wurde, wofür die Exemplare im Innern der Corta da Ribeirinha sprechen würden. Ob das möglich war, hing wohl weitestgehend von den Platzverhältnissen in den Tagebauen ab. Es ist auch zu vermerken, dass während der Begehung einer kleinen,

trotz des starken Bewuchses begehbaren Zone der Halden unterhalb des antiken Eingangsbereichs der Corta da Ribeirinha 33 an der Oberfläche liegende Fragmente von Pochsohlen identifiziert werden konnten.

In den Abbauzonen von Campo de Jales und Gralheira konnten bislang rund 20 Pochsohlen nachgewiesen werden, die sich alle auf den Bereich des sogenannten „Forno dos Mouros“ konzentrieren. Davon sind mindestens 15 Stück im neuzeitlichen Mühlegebäude verbaut.

Der in Diagramm 1 dargestellte Mengenunterschied der erhaltenen Pochsohlen in den beiden Zonen ist frappant. Wie ist nun dieses Missverhältnis zu erklären?

Im römischen Goldbergwerksbezirk von Três Minas und Campo de Jales ist zweifellos die Art der Vererzung die Ursache für die Ungleichheit der Verteilung der erhaltenen Pochsteine. Wie erwähnt, wurden in Campo de Jales und Gralheira gut definierte Gänge bzw. Linsen ausgebeutet, die einen scharfen Kontakt zum Nebengestein (Granit bzw. Schiefer) ausgewiesen haben. Der Volumenanteil der Erzminerale betrug ca. 10%. Beim Abbau wurde stets darauf geachtet, zusammen mit den Wertmineralen möglichst wenig vom tauben Nebengestein abzubauen. Zudem wurde das Fördergut von der tauben Gangart zusätzlich durch Klauen von Hand aussortiert, so dass zum anschliessenden Aufbereitungsprozess eine relativ geringe erzhaltige Menge übrig blieb.

In Três Minas (in den Abbauzonen „Corta de Covas“, „Corta da Ribeirinha“ und „Lagoinhos“) hingegen lag eine disseminierte Vererzung vor, mit einem Erzmineralegehalt von weniger als 1%. Die feine Verteilung des Goldes und der anderen Erzminerale im Nebengestein sowie die Feinkörnigkeit des Goldes (Korngrösse ca. 10 µm = 1/100mm) machten es unmöglich, eine einfache Sortierung durchzuführen. Dazu kam noch die unscharfe Form der Erzkörper. Konsequenterweise musste in Três Minas fast alles, was abgebaut worden war, auch aufbereitet werden. Deshalb ist der Anteil des Haldenmaterials im Vergleich zur abgebauten Erzmenge relativ gering. Die vorhandenen Halden setzen sich aus leicht abtrennbarem taubem Schiefer, der die eigentlichen Lagerstätten begleitete, und aus taubem Quarz zusammen. Die feinkörnigen Rückstände der Aufbereitung sind in den folgenden Jahrhunderten vom Wasser weitgehend fortgeschwemmt worden. Nach Schätzungen von Harrison aus dem Jahre 1931 sollen allein aus den beiden Tagebauen von Três Minas rund 20 Millio-

Abb. 10a: Diagramm 1: Verteilung der Pochsohlen in den Abbauzonen von Três Minas und Gralheira / Campo de Jales

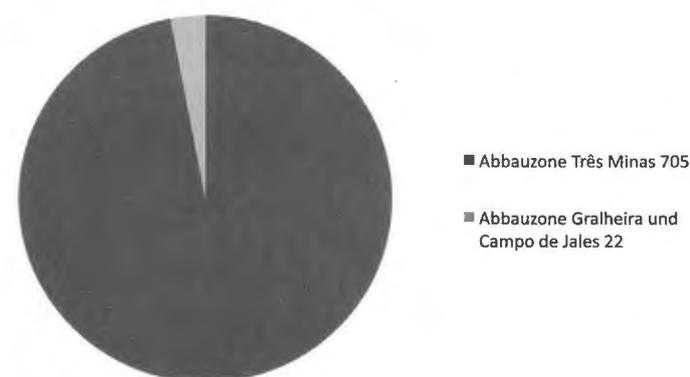
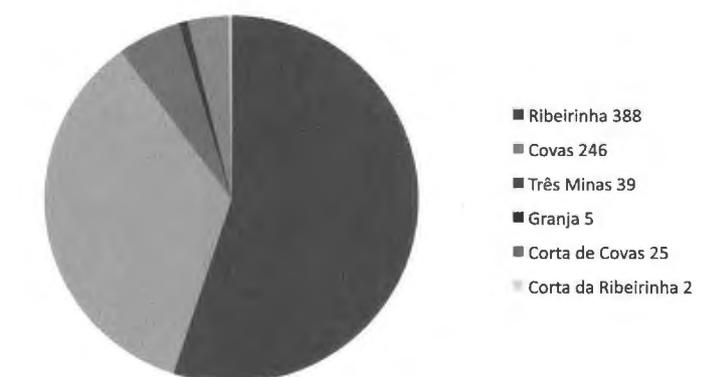


Abb. 10b: Diagramm 2: Verteilung der Pochsohlen innerhalb der Abbauzone von Três Minas



nen Tonnen Gestein und Erz gefördert worden sein, was einem Würfel mit der Seitenlänge von 180 m entspricht.¹⁸

Das seltene Vorkommen bzw. Fehlen der Pochsohlen in anderen Bergwerksbezirken mit primären Lagerstätten begründet sich wohl teilweise durch die Art der Lagerstätte und des Förderguts sowie durch das Fehlen von für Pochsohlen geeignetem Gestein.¹⁹

Die nassmechanische Aufbereitung

Auf die trockene Aufbereitung folgte die Trennung des Goldes von den leichteren Gesteinsbestandteilen durch Auswaschen.

Die Installationen zur nassmechanischen Aufbereitung in Três Minas gehören zu den grössten, im Zusammenhang mit den primären Lagerstätten erhaltenen Monumenten nebst den eigentlichen Abbauzonen.

An einem steilen Hang mit relativ regelmässiger Neigung haben sich zwei parallele Reihen mit je 17 mit regelmäßigem Abstand übereinander angeordneten Waschplattformen erhalten. Die Distanz zwischen der obersten und der untersten Plattform beträgt ca. 200 m. In der westlichen Reihe wird jede zweite Plattform auf beiden Seiten von je einem angefügten Absetzbecken begleitet (Abb. 11a und 11b).²⁰ Die einzelnen Plattformen waren sorgfältig in Trockensteinmauerwerk aufgebaut und ca. 8,50 m breit. Der Außendurchmesser der seitlichen Absetzbecken beträgt 6 m, die Mauern waren 1 m stark und mindestens 2 m hoch.

Auf den einzelnen Plattformen standen vermutlich Waschherde, auf denen das fein gemahlene Erz nach Dichte sortiert wurde. Das Zurückbleiben des Goldes wurde auf den geneigten Herden durch Hindernisse, z. B. Felle oder Pflanzen, gefördert. Plinius überliefert im Zusammenhang mit Waschen von Gold die Verwendung einer dem Rosmarin ähnlichen Pflanze, die rau und dicht sei und so das Gold zurückhalte; nach ihrem Verbrennen bleibt das Gold übrig.

Um ein möglichst reines Goldkonzentrat oder möglicherweise auch andere Erzkonzentrate zu erhalten, musste man vermutlich mehrere Waschvorgänge hintereinander schalten.

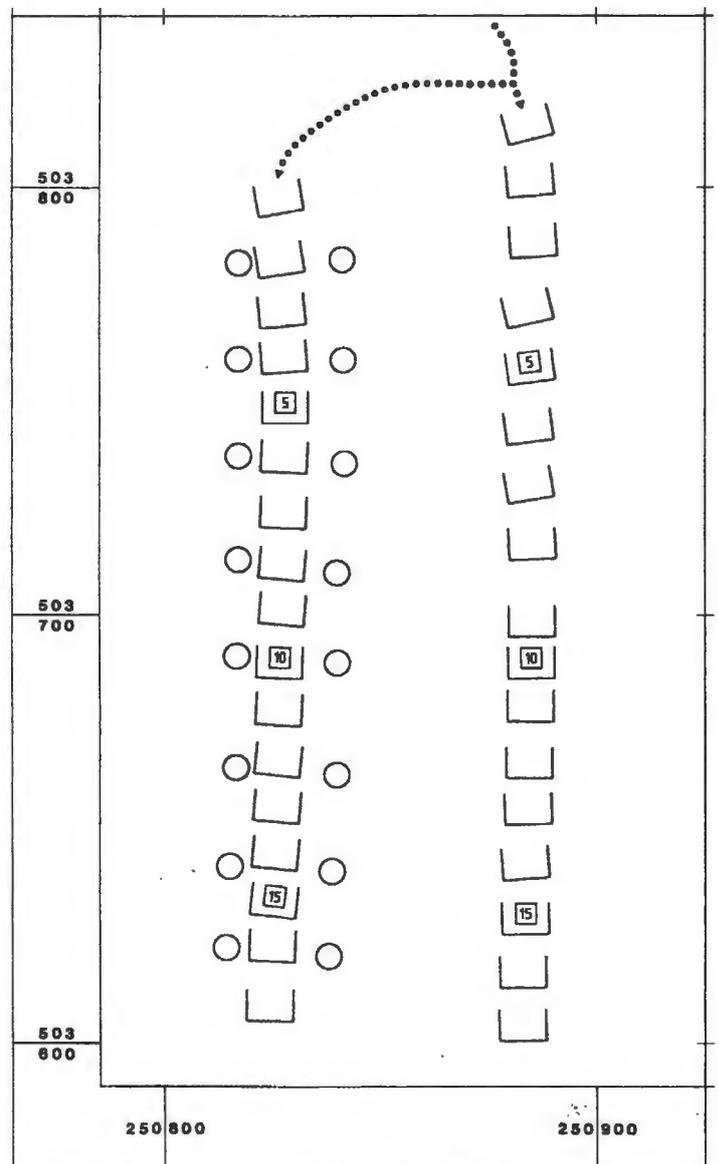
Schlussbemerkungen

Die Funde aus dem römischen Goldbergwerkbezirk von Três Minas und Campo de Jales belegen eine umfangreiche, in industriellem Maßstab durchgeführte Aufbereitung. Die rund 750 erhaltenen Pochsohlen müssen als Teile von mechanisch betriebenen Pochwerken angesehen werden. Diese Anzahl, die ähnliche Funde im restlichen römischen Reich um ein Vielfaches übertrifft, kann als Hinweis verstanden werden, dass diese Pochmaschinen im Bergbaudistrikt selbst erstmals benutzt wurden. Auch die großen Ausmaße der Erzwaschenanlagen belegen den industriellen Maßstab, mit dem die Goldgewinnung im Bergwerk von Três Minas betrieben wurde. Der Niedergang des unter der Regie des römischen Fiskus betriebenen Goldbergbaus im Nordwesten der Iberischen Halbinsel um 200 n. Chr. führte ebenfalls zum Ende der industriellen Tätigkeit im Bergwerksbezirk von Três Minas. Damit ging auch das Wissen um die Pochmaschinen für Jahrhunderte verloren.



Abb. 11a: Waschplattformen. Ostriehe mit Felsdurchstich des Aquädukts

Abb. 11b: Três Minas. Fragas das Covas. Schematisierter Grundriss der Erzwaschenanlagen. In der Westreihe wird jede zweite Plattform mit zwei runden, seitlich positionierten Absetzbecken ergänzt. Die getüpfelte Linie markieren den Verlauf des das Wasser zuführenden Aquädukts



Anmerkungen

- 1 Wahl 1988/1993.
- 2 Harrison 1931, S. 137-145.
- 3 Cotelto Neiva/Neiva 1990.
- 4 Rosa 2001.
- 5 Reynolds 1965.
- 6 Rosumek 1982, S. 181 ff.; Wahl 1988, S. 230.
- 7 Eine von Rosumek erwogene Funktion als Teile von molae trusatiles kann mit Sicherheit verworfen werden. «Das haltige Gestein wurde dadurch zermahlen, dass eine angerauhte Deckplatte über die gesamte Länge des Quaders hin- und herbewegt wurde oder dass man abschnittsweise einen kleineren Stein mit der Hand kreisen liess, wodurch bei letzterer Arbeitsweise mehrere muldeförmige Vertiefungen entstanden.» Rosumek 1982, 86 f. - Die Interpretation von Sanchez-Palencia Ramos, dass die Steine als Hilfsmittel zum Auswaschen des Goldes dienten, ging von der fälschlichen Annahme aus, dass es sich bei den Lagerstätten von Três Minas um sekundäre Goldlagerstätten handelt. Sanchez-Palencia Ramos 1979 und 1984/85.
- 8 Sanchez-Palencia Ramos 1984/85: Fresnedo (Pola da Allande / Asturien / Spanien), Cecos (Ibias / Asturien / Spanien); Orejas 2003: Dolaucothi (Wales / Grossbritannien); Domergue 1990: Las Rubias (León / Spanien). Ein nicht publiziertes Exemplar befindet sich in der Ausstellung des Museums von León (Spanien).
- 9 Wahl 1998, Fig. 3.
- 10 Chamoso Lamas 1956, S. 118-130.
- 11 Wahl 1988/1993, S. 231.
- 12 Domergue 1990, Fig. 27.
- 13 Westgotische Gräber mit Goldbeilagen wurden bei Granja (Freg. Três Minas, Conc. Vila Pouca de Aguiar, Portugal) in einer Entfernung von ca. 2,5 km von der Abbauzone Três Minas gefunden. Parente 1980, S. 10 ff.
- 14 Wahl 2003.
- 15 Brites Martins 1989.
- 16 Rosumek 1982, S. 86.
- 17 Wahl-Clerici, Pilier et puits. Im Druck. Dank der Erweiterung im östlichen Stoss konnte auch nach der Errichtung des Pfeilers die Galeria do Pilar vom Mundloch bis zum Tagebau mit Karren befahren werden.
- 18 Harrison 1931.
- 19 Vgl. dazu Domergue 2008, S. 145.
- 20 Wahl 1998, S. 66, fig. 15.

Bibliographie

- AGRICOLA, G.:
1994 Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen 1556. Hrsg. und Übers. C. Schiffer, München 1994.
- BRITES MARTINS, E. C.:
1989: Contribuição para conhecimento dos granitoides biotíticos da região de Vila Pouca de Aguiar. Diplomarbeit, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real 1989.
- CHAMOSO LAMAS, M.:
1956 NAHisp 3/4, 1954/55 (1956), S. 118-130.
- COTELO NEIVA, J. M.; NEIVA, A. M. R.:
1990 The Gold area of Jales northern Portugal, Terra Nova 1990, S. 243-254.
- DOMERGUE, C. :
2008 Les Mines Antiques. La production des métaux aux époques grècque et romaine (Paris 2008).
- 1987 Catalogue des mines et des fonderies antiques de la Péninsule Ibérique. Publications de la Casa de Velazquez, Série Archéologique VIII, Tome II, Madrid 1987, S. 411 f.
- HARRISON, F. A.:
1931 Ancient Mining Activities in Portugal, in: The Mining Magazine 14, 1931, S. 137-145.
- OREJAS, A. (Hrsg.):
2003 Atlas historique des zones minières d'Europe II, Commission Européenne, Action COST G2 „Paysages anciens et structures rurales“. Dossier VIII, 3D, Bruxelles 2003.
- PARENTE, J. :
1980 Subsídios inéditos para a História de Três Minas, in : Actas do Seminário de Arqueologia do Noroeste Peninsular, 3, Guimarães 1980, S. 131-140.
- REYNOLDS, D. G.:
1965 Três Minas Property. Bericht an den Serviço de Fomento Mineiro, o. O. 1965.
- ROSA, D.:
2001 Metallogenesis of the Jales Gold District, northern Portugal, unpubl. Diss. Colorado School of Mines, Golden, Colorado 2001.

- ROSUMEK, P.:
1982 Technischer Fortschritt und Rationalisierung im antiken Bergbau, o. O. 1982, S. 181 ff.
- SANCHEZ-PALENCIA RAMOS, F.-J.:
1979 Römischer Goldbergbau im Nordwesten Spaniens, in: Der Anschnitt 31, 1979, H. 2-3, S. 38-61, Abb. 21, 54.
- 1984/85 Los "Morteros" de Fresnedo (Allande) y Cecos (Ibias) y los lavaderos de oro romanos en el noroeste de la Península Ibérica, in: Zephyrus 37/38, 1984/85, S. 349-359.
- SANTOS OLIVEIRA, J. M.:
1990 Geological, mineralogical and litho-geochemical studies in the Gois and Vila Pouca de Aguiar - Vila Real region, Portugal. Estudos, Notas e Trabalhos, in: D.G.G.M., t. 32, S. 65-75.
- WAHL, J.:
1988/1993 Três Minas. Vorbericht über die archäologischen Ausgrabungen im Bereich des römischen Goldbergwerks 1986/87. Madrider Mitteilungen des DAI 29, (1988), S. 221-244. Leicht veränderter Reprint, in: H. Steuer/U. Zimmermann (Eds.): Montanarchäologie in Europa. Berichte zum Internationalen Kolloquium „Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa“ in Freiburg im Breisgau vom 4.-7. Okt. 1990, Sigmaringen 1993, S. 123-152.
- 1998 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. Pub. Do Museu do I.G.M., Lisboa/Lissabon 1998, S. 57-68.
- 2003 Zur Wasserversorgung des römischen Goldbergbaues von Três Minas und Campo de Jales (Vila Pouca de Aguiar/Portugal), in: T. Stöllner et al. (Hrsg.), Man and Mining - Mensch und Bergbau. Festschrift G. Weisgerber. Der Anschnitt Beiheft 16, Bochum 2003, S. 495-502.
- WAHL-CLERICI R.:
2008 Das römische Goldbergwerk von Três Minas. In: Archäologie in Deutschland 2008, H. 5, S. 54-57.
- 2010 Untersuchungen zum Abbaufortschritt in der Corta de Covas (Tagebau A) im römischen Goldbergwerksbezirk von Três Minas (conc. Vila Pouca de Aguiar, Portugal), in: J. G. Gorges; T. Nogales Basarrate (Hrsg.): Naissance de la Lusitanie romaine (Ier av. - Ier ap. J.-C.). VIIe Table ronde internationale sur la Lusitanie
- o. J. Pilier et puits, in: Actas del Congreso Minería y Museología. Lancia Revista de Prehistoria Arqueologia e Historia del Noroeste Peninsular 8, León (Festschrift C. Domergue); im Druck.
- WAHL-CLERICI, R.; WIECHOWSKI, A.:
2012 Der „Forno dos Mouros“: Ein Aufbereitungs- und Verhüttungsplatz im römischen Goldbergwerksdistrikt von Três Minas und Campo de Jales, in: Hunde, Menschen, Artefakte. Gedenkschrift für Gretel Callesen, hrsg. v. H. Lasch u. B. Ramminger, Rhaden 2012.
- WIECHOWSKI, A.; WAHL, J.; SCHINDLMAYR, R.:
1999 Amboss- und Mühlsteine als Bestandteile von Aufbereitungsmaschinen aus dem römischen Goldbergwerksgebiet von Três Minas und Campo de Jales (Nordportugal), in: Berichte der DMG. Beiheft zum European Journal Mineralogy 11, (1999), S. 242.

Anschrift der Verfasser

Lic. phil. Regula Wahl-Clerici
Rainweg 3
CH-8810 Horgen

Dr. Annemarie Wiechowski
Wüllnerstr. 2
52062 Aachen

Dr. Markus Helfert
Goethe-Universität Frankfurt/Main
Institut für Archäologische Wissenschaften
Grüneburgplatz 1
60323 Frankfurt am Main

Jun.-Prof. Dr. Britta Ramminger
Universität Hamburg
Archäologisches Institut, Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie
Edmund-Siemers-Allee 1, Flügel West
20146 Hamburg