

Über Metallgewinnung bei den Etruskern.

Von Wilhelm Witter †, Halle a. d. S.

Kein Volk hat der Altertumswissenschaft wohl so viele Rätsel aufgegeben wie die Etrusker. Über die Herkunft oder Entstehung dieses Volkes ist die

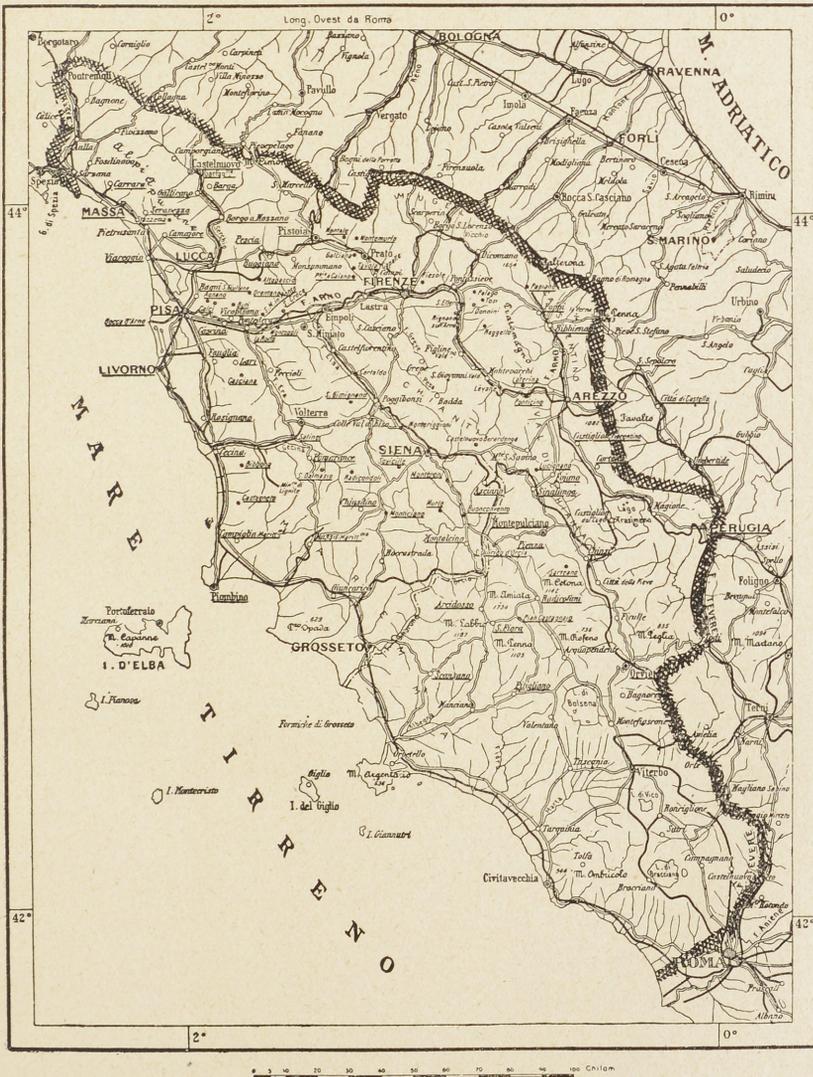


Abb. 1. Altetrurien.

Nach Studi Etruschi I, 1927 Karte S. 312.

Meinung immer noch geteilt, wenn auch die Einwanderungstheorie heute vorherrschend ist. So sieht C. Schuchhardt¹ die Etrusker als ein altitalisches Volk an, während nach F. Schachermeyr² sie vordem an der kleinasiatischen Küste (Mysien) saßen und in verschiedenen Wellen in Italien einwanderten. Die erste Welle scheint etwa 1000 v. Chr. die italische Ostküste erreicht zu haben, der zweite Zustrom erfolgte 800 v. Chr. und vielleicht ein dritter um 700 v. Chr. Die Provinz Toskana und ein Teil des früheren Kirchenstaates wurde die neue Heimat der Etrusker — Etrurien (*Abb. 1*). Auch Rom ist eine etruskische Siedlung, denn Roma ist ein etruskischer Name (Schachermeyr).

Stand zuerst das neugegründete Rom unter der Herrschaft der Etrusker und haben letztere sogar den Römern drei Könige gegeben, so änderte sich das Verhältnis mit dem Erstarken Roms. Es kam zu verschiedenen Kriegen, und zum Schluß wurden die Etrusker im 3. Jahrhundert v. Chr. endgültig von den Römern unterworfen.

Die von den Etruskern hinterlassenen Metallschätze, besonders die Bronzegegenstände, nehmen in den Sammlungen verschiedener italienischer Museen, wie z. B. in Bologna, Florenz, Pisa usw., einen hervorragenden Platz ein. Aus ihnen ist der hohe Stand des Metallgewerbes der Etrusker erkennbar. Ob sich jedoch die Etrusker bereits in ihrem Stammland (Mysien) mit der Metallgewinnung befaßt haben, ist unbekannt. Es bleibt das wohl auch sehr fraglich, da sie als Küstenbewohner sicherlich Handel und Schifffahrt bevorzugten.

In Italien war bei ihrer Ankunft das Eisen schon im Gebrauch, sie haben also die Eisenerzeugung und -bearbeitung dort nicht eingeführt, scheinen aber die Gewinnung von Kupfer und Eisen sehr bald nach Befestigung ihrer Herrschaft in größerem Maße betrieben zu haben. Denn im 6. Jahrhundert standen Bergbau und Erzverhüttung bei ihnen in hoher Blüte. Der industrielle Mittelpunkt Etruriens befand sich zwischen dem Apennin im Osten und dem Tyrrhenischen Meer im Westen. Die riesigen Bergbaureste und die Schlackenhalde besonders in dem Gebiet von Volterra, Massa Marittima und Populonia geben uns einen Begriff von dem Umfang des einst hier umgegangenen etruskischen Bergbaues. Die Baratti-Ebene ist weithin mit großen Schlackenmassen bedeckt.

Das Metallgewerbe verfügte über heimische Bodenschätze und konnte daher einen schwunghaften Handel mit den Erzeugnissen daraus treiben. Über diese Bodenschätze erfahren wir einiges durch L. Caillaux³, eine eingehendere Schilderung der geologischen Verhältnisse und der Art der Erzvorkommen verdanken wir indessen zuerst dem deutschen Geologen G. vom Rath⁴ und ferner dem deutschen Geologen A. Bergeat⁵. Von italienischer Seite haben sich besonders G. D'Achiardi⁶ und M. Volpe⁷ damit beschäftigt. Eine sehr schöne

¹) C. Schuchhardt, *Prähist. Zeitschr.* 16, 1925, 109ff.

²) F. Schachermeyr, *Etruskische Frühgeschichte* (1929); ders., *Neue Jahrb. f. Wiss.* 7, 1931, 619ff.

³) L. Caillaux, *Berg- u. Hüttenmänn. Zeitung* 17, 1858, 372—373. 421—423.

⁴) G. vom Rath, *Zeitschr. d. Deutsch. Geolog. Ges.* 20, 1868, 307ff.

⁵) A. W. Stelzner-A. Bergeat, *Die Erzlagerstätten* 3 (1904—1906) 817ff.

⁶) G. D'Achiardi, *Studi Etruschi* 1, 1927, 411—421.

⁷) M. Volpe, *Maremma* 1, 1924, 26—130; besprochen von M. Ebert im *Vorgesch. Jahrb.* 1, 1926, 89f.

Beschreibung des etruskischen Bergbaugebietes hat uns auch der französische Bergingenieur L. Simonin⁸ gegeben; von ihm erhalten wir erstmalig auch einige Anhaltspunkte für die Beurteilung des ehemaligen Hüttenbetriebes der Etrusker.

Die einst sehr bevölkerte Stadt Populonia scheint der Mittelpunkt des Bergbaubetriebes während der etruskischen Herrschaft gewesen zu sein; sie wurde bei der römischen Eroberung zerstört. Populonia hatte mit Volterra das Recht, für ganz Etrurien Münzen zu prägen, die das Bildnis des Vulcan und die Embleme der Schmiede trugen. Die Bezeichnung Populonia — in etruskischer Sprache Pupluna — heißt soviel wie die Stadt der Bergwerke und Metalle.

Das Bergbaugebiet in dem Campigliese.

Nach vom Rath^{8a}, dessen Schilderung über die Kupfererzvorkommen wir zunächst folgen, bildet die Umgebung von Campiglia Marittima oder Maremma einen Teil jenes merkwürdigen Landes, das mit dem Namen der toskanischen Maremma bezeichnet wird. Die Maremma ist ein verworrenes System scheinbar unregelmäßig hin- und herziehender Höhenzüge, aus dem verschiedene Flüsse dem Meere zuströmen⁹. Auf einer der steil aufragenden Kuppen der Hügel von Piombino lag hier das alte durch Handel und Bergbau reiche Populonia. Campiglia andererseits liegt 187 m ü. d. M. auf Hügeln, die die nächsten Ausläufer des Monte Calvi bilden. Letzterer ist Kulminationspunkt eines Gebirgsrückens, der mit nordöstlicher Richtung in mehrfachen Biegungen aus der Gegend von Gherardesca bis Campiglia zieht. In der Nähe der kleinen Kirche Madonna di Fucinaia vereinigen sich die beiden Täler: Fucinaia (eine Marmor-schlucht) und Ortaccio. In diesen beiden Tälern befinden sich Gangzüge aus Quarzporphyr, die stellenweise die gleiche erzführende Gangspalte erfüllen. Erze aus dieser Lagerstätte befinden sich in der Mineralogischen Sammlung zu Pisa.

Eine der bedeutendsten etruskischen Gruben war die von Temperino im oberen Fucinaiatal. Der Gang steht hier in seiner ganzen Erstreckung in weißem Marmor; er ist nahe der Oberfläche 27—36 m mächtig und setzt senkrecht nieder. Die Gangmasse geht jedoch nicht mit dieser ganzen Mächtigkeit zutage aus, vielmehr hat sie den Marmor nur in einer geringeren Breite durchbrochen. Infolgedessen bildete der Marmor über einem Teil der Gangmasse eine Schale, die, nachdem von den Etruskern der mächtige Gang hier abgebaut war, gleich einem Gewölbe den gewaltigen Hohlraum, die „Cava Grande“, überspannt. Von dieser weiten Aushöhlung gehen kleine Schächte in die Tiefe nieder, die dem Gange folgen.

Unter den Erzen des hier abgebauten Gangzuges walten Kupferkies und Eisenkies vor, daneben treten Bleiglanz und braune Zinkblende eingesprengt

⁸) L. Simonin, Ann. des Mines 5. Ser. 14, 1858, 557 ff.

^{8a}) Vgl. Anm. 4.

⁹) Vgl. Taf. I, 2 im Maßstab etwa 1:125000 mit Einzeichnung der Gangzüge Cava del Temperino (I) und Cava del Piombo (II).

auf. Die Grube Temperino ist nach vom Rath derjenige Punkt, wo die Alten ihre Arbeiten am meisten konzentriert haben; sie nehmen die ganze Breite des Ganges (etwa 33 m) ein und lassen sich über 270 m im Streichen verfolgen. Bis auf einzelne Pfeiler, die der Sicherheit halber stehenblieben, ist die ganze erzführende Masse weggenommen worden. Im Jahre 1839 neu unternommene und bis 1848 fortgeführte Versuche zur Wiederaufnahme des Betriebes waren ergebnislos, da kein Erz mehr vorhanden war. Nach der Tiefe zu verlor sich das Kupfererz, und der Gang führte nur noch Bleiglanz und Zinkblende. Das bei der Wiederaufnahme in der Temperinogrube geförderte Erz soll zwischen 5 und 7% Kupfer enthalten haben. Die alten Berghalden, die von neuem verwaschen wurden, ergaben 20% Bleiglanz, und in dem daraus erzeugten Werkblei enthielten 1000 kg Blei 1,25 kg Silber, d. i. = 0,125% Silber.

Jenseits einer kleinen Schlucht, etwa 1 km nordwestlich von Temperino, liegt eine weitere alte Grube, der sog. Coquandschacht. Zu beiden Seiten des Erzganges steht weißer Marmor an. Hier fand vom Rath einen von den Etruskern abgebauten Gangraum — die Bucca dell'Aquila genannt — von 9 m Breite und 27 — 30 m Tiefe. Auf Treppen konnte man hinuntersteigen. Von der Sohle dieses Tagebaues führt ein kleiner 37 m tiefer Schacht zu weiteren ausgehauenen Räumen hinab, die mit unhaltigen Massen versetzt waren. An den Marmorwänden sah vom Rath noch die Spuren der gleitenden Leitseile, mittels derer die Alten die Erze förderten. Sie haben bis 15 mm tiefe Rinnen zurückgelassen.

In der Nähe der Bucca dell'Aquila liegt ein weiterer antiker Schacht, der zu abgebauten Räumen führt, sowie auch die „Cava del Rame“ (Kupfergrube) genannte Grube mit vielen alten, zum großen Teil verschütteten Bauen. Ringsum haben die Etrusker erstaunliche unterirdische Arbeiten ausgeführt.

Von dem Gangzuge von Temperino gegen Nordosten zu liegt ein anderer, auf dem die Grube Cava del Piombo baute (*Taf. 1, 1*). Dieser zweite Gangzug läßt sich aus dem oberen Ortacciotal bis in die Valle delle Strette verfolgen. Auf dieser Strecke von mehr als 1200 m geradliniger Entfernung reihen sich die alten Baue, Schächte und Gesenke aneinander. Am südlichen Ende dieses Gangzuges liegt die Grube „Cinghiale“, der sich weitere Tagebaue und zahlreiche Schächte anschließen. Auch in diesen Bauen findet sich eine meisterhaft in den Marmor gehauene gegen 3,50 m breite Treppe. Der ausgezeichnetste Punkt dieses Gangzuges ist unzweifelhaft die „Cava del Piombo“ östlich vom Kastell S. Silvestro gelegen (*Taf. 1, 2*). Der Gang ist hier 19,50 bis 21 m mächtig.

Größere Stollen haben die Alten nicht getrieben, sondern nur Schächte von meist unvollkommener Beschaffenheit in großer Menge oft dicht beieinander; z. B. zählt man auf dem Hügel Serro Bottini bei Massa auf einer Strecke von kaum einer Miglie (= 1,8 km) gegen 300 alte Schächte. Diese Schächte folgen den Klüften des Gesteins und gehen deshalb weder senkrecht hinab noch haben sie eine konstante Weite.

„Die Geschichte“, sagt vom Rath, „gibt wenig Kunde von diesen Arbeiten, doch kann man in den Massetanischen Bauen deutlich zwei Epochen unterscheiden, deren ältere durch engere Schächte charakterisiert ist, mehr aber

noch durch die Vegetation der Halden. Die einen sind verwittert und mit kolossalen Eichen bestanden, während die anderen nackt und unfruchtbar sind.“ Auch Bergeat¹⁰ erwähnt einen späteren mittelalterlichen Bergbau bei Massa Marittima und am Monte Catini; jedoch lassen sich diese neueren Bergwerksanlagen von denen der Etrusker gut unterscheiden, wie der italienische Geologe D'Achiardi¹¹ nach eigenen Beobachtungen schildert. Es hat das seinen Grund in einem bereits von der Republik erlassenen Gesetz, nach dem jeder Bergbau in Italien verboten wurde und das noch zu Plinius' Zeit gültig war¹². Etwa zur gleichen Zeit, als die Etrusker unter das Joch Roms gebeugt wurden, war von den Römern auch Sardinien mit seinen reichen Erzlagerstätten und ebenso Spanien mit den ungeheuren Reichtümern an Gold und Silber sowie Kupfer- und Bleierzvorkommen erobert worden, und sie ließen in diesen Ländern die Metallschätze von Sklaven und Kriegsgefangenen ausbeuten.

„Das Fucinaital“, sagt vom Rath, „genügt, um eine Vorstellung der gewaltigen Arbeiten der Alten zu geben; die ungeheuren Schlackenhaufen, welche sich über 1,5 km fortziehen, beweisen, daß hier hauptsächlich die Schmelzöfen standen; die Spuren von mehr als 60 alten Öfen, aus granitischem Gestein erbaut, Reste alter Mauern, etruskische Amphoren erinnern an uralten Bergbau.“ Der Bergbaubetrieb der Etrusker erstreckte sich jedoch nicht nur auf die Gewinnung von Kupfer- und Bleierzen, sondern auch Eisenerze wurden in großem Maße gewonnen. Hierauf werden wir noch zu sprechen kommen.

Das von den etruskischen Bergleuten benutzte Gezähe: Hämmer, Spitzhauen, Hebel usw., ist schwer genau zu bestimmen. Es sind zwar viele Exemplare davon in den weiten ausgehauenen Räumen gefunden worden, aber dadurch, daß sie so lange vergraben lagen, sind sie vollständig oxydiert und deformiert; man kann sie daher nicht rekonstruieren. Jedenfalls waren die Gegenstände alle aus Eisen und von primitiver Art. Ob man auf Elba etwa auch bronzene Werkzeuge gefunden hat, wie z. B. in Spanien, ist nicht bekannt geworden.

Die Aufbereitung der Kupfererze.

Die den Tagebauen verbliebenen Berge besagen, daß nur eine rohe Handscheidung der gebrochenen Erze vorgenommen worden ist; der im anstehenden Erz in starken Schnüren auftretende Kupferkies wurde nach Möglichkeit vom tauben Gestein getrennt. Der durchschnittliche Kupfergehalt des Erzes aus den tieferen Bauen der Etrusker wird, wie wir oben sahen, von vom Rath mit 6—7% angegeben. Bergeat gibt für die heute noch sichtbaren Erze in den oberen Teufen (Tagebauen) nur 2,5% Kupfer an, und Simonin meint, die Scheideerze hätten wohl 5% Kupfer enthalten. Der tatsächliche Gehalt in den zur Verhüttung gelangten Scheideerzen wird aber wohl höher als 5% Kupfer gewesen sein.

¹⁰) Stelzner-Bergeat a. a. O. 820ff.

¹¹) Vorgesch. Jahrb. 4, 1930, 305.

¹²) Plinius, Nat. hist. 33, 21 und C. Neuberg, Zeitschr. f. d. Ges. Staatswiss. 1910, 47.

Die Verhüttung der Kupfererze.

Die Verhüttung der Scheideerze hat nach Simonin in der Hauptsache an zwei Stellen stattgefunden. Die eine große Schmelzstätte befand sich in dem bereits oben erwähnten, heute Fucinaia genannten Tal, das soviel wie Schmiede heißt. Dort befinden sich in einem Nebental, wie die *Abb. 2* zeigt, etwa ein Dutzend Kupferschlackenhalden mit zusammen etwa 50 000 t Inhalt. Der

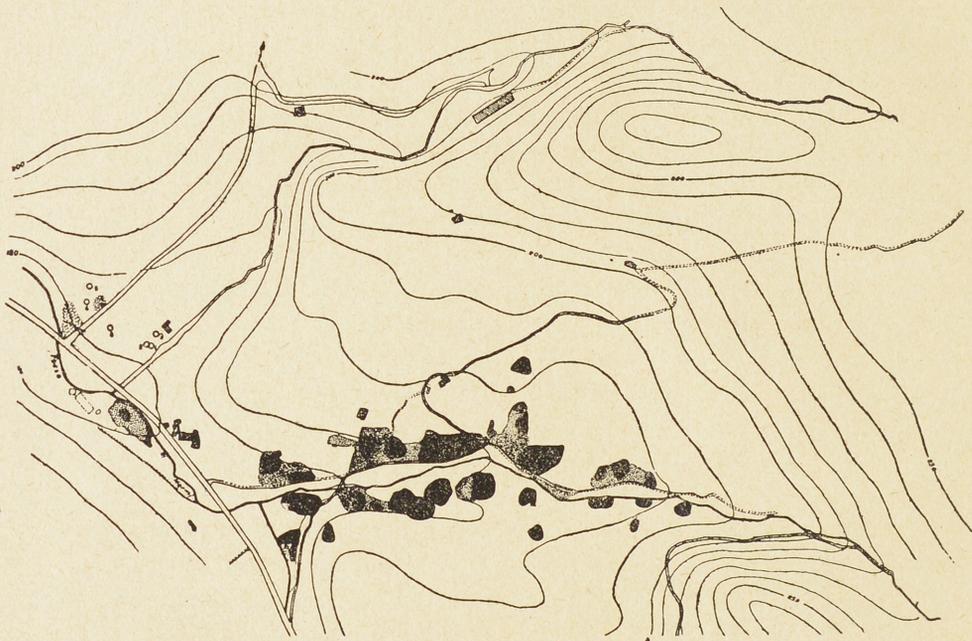


Abb. 2. Die Kupferschlackenhalden im Fucinaiatal bei Campiglia. Etwa 1:3000.
Nach Studi Etruschi 11, 1937, 314 Abb. 2.

andere große Schmelzplatz liegt im Lungatal bei Gherardesca; hier fand Simonin schätzungsweise noch etwa 15 000 t Kupferschlacken vor. Es sind das aber jedenfalls nicht alle von den Etruskern erzeugte Schlackenmengen, denn vermutlich haben im Laufe der Zeiten Hochwässer größere Massen davon fortgeschwemmt. Dieses wird durch die Schlackenreste bezeugt, die Simonin an den Wasserläufen beider Täler auf 2 km Entfernung hin noch liegen sah.

Er fand im Fucinaiatal auch Stellen, wo mehrere Öfen in Betrieb gewesen waren. Über den Schmelzprozeß jedoch, den die Etrusker in diesen Öfen durchführten, ist nichts bekannt geworden. Man schließt nur aus dem Bericht des Plinius, in dem dieser die Behandlung der Kupfererze bei den Römern schildert, daß auch die Etrusker ihre Erze ohne vorhergehende Abröstung — d. h. Entfernung des größten Teiles des im Erz enthaltenen Schwefels — mit Holz oder Holzkohle als Brennstoff verschmolzen haben. Das Holz wurde in runden Stücken von 3—4 cm Durchmesser verwendet.

Die Erze enthielten nach vorstehenden Angaben außer Kupferkies auch Bleiglanz und Zinkblende in wechselnden Mengen. Da diese Minerale aber schädliche Beimengen für das Kupfer sind, so wird man sie bei der Hand-scheidung der Roherze nach Möglichkeit vom Kupferkies getrennt haben.

Darauf deutet ja auch der hohe Gehalt der Berghalden an Bleiglanz hin (vgl. S. 4). Immerhin wird aber das Erzeugnis der ersten Schmelzung — der Kupferstein, d. h. eine Kupfer-Eisen-Schwefel-Verbindung, auch Matte genannt — Blei und Zink enthalten haben. Der Kupferstein wird zerschlagen, wiederholt geröstet und noch ein zweites und drittes Mal, unter Zumischung von etwas rohem Erz, im gleichen Ofen verschmolzen worden sein. Dabei wurde der Kupfergehalt durch Entfernung eines großen Teiles des vorhandenen Eisens konzentriert. Ob die weitere Anreicherung des Kupfersteines bis zum Rohkupfer in den gleichen Öfen durchgeführt worden ist, entzieht sich unserer Kenntnis.

Simonin folgert aus dem Bericht des Plinius, es sei bei dem zweiten Schmelzen metallisches Blei zugesetzt worden, um das Schmelzen zu erleichtern; das ist jedoch ein Irrtum, wie sich noch zeigen wird. Zwar hat man zwischen den Schlacken im Fucinaiatal und bei Gherardesca im Lungatal hier und da kleine Partikelchen metallischen Bleies und Kupfers gefunden, das sind aber ganz natürliche Abscheidungen. Zwischen den Schlacken an den genannten Stellen wurden auch Stückchen Matte wahrgenommen, die einen Bleigehalt von 30—35% neben 10—12% Kupfer aufwiesen; es ist das eine bekannte Erscheinung bei der Verhüttung bleihaltiger Kupfererze.

Die Schlacken vom Kupfererzschmelzen.]

Nach der Beobachtung Simonins sind die Kupferschlacken in dem Campigliese gut geschmolzen, von schwärzlicher Farbe, blasig, aber keineswegs glasartig; sie ähneln den Eisenschlacken und sind wie diese magnetisch. Einzelne Stücke verraten durch Ausblühungen das Vorhandensein von Kupfer. Der Gehalt der Schlacken an diesem Metall beträgt 1,5—2% im Fucinaiatal, jedoch nur 1% bei Gherardesca. Der Eisengehalt beträgt 30—32% und der Bleigehalt durchschnittlich 2,5—3%. Der Silbergehalt wird von Simonin mit 25—30 g/t angegeben. Die chemische Zusammensetzung der Schlacken aus dem Fucinaiatal ist nach ihm folgende:

Kieselsäure	50,00 %
Kupferoxyd	2,00 %
Eisenoxyd	35,00 %
Bleioxyd	4,00 %
Silberoxyd	0,005%
Zinkoxyd	3,50 %
Kobalt und Manganoxyd	Spuren
Magnesia, Kalk und Tonerde	5,00 %
Schwefel	Spuren
	99,505%

Die chemische Zusammensetzung der Schlacken aus Gherardesca soll ungefähr die gleiche sein, nur mit geringeren Gehalten an Kupfer, Blei und Zink. Aus dieser Zusammensetzung der Schlacken läßt sich der Charakter der verhütteten Erze erkennen und aus der Abwesenheit von Schwefel der Schluß ziehen, daß die Erze vor dem Verschmelzen doch abgeröstet worden sind.

Außer den genannten Schlackenhalde in dem Campigliese finden sich solche auch am Monte Calvi, am Meeresufer und noch an vielen anderen Stellen, jedoch nur von kleinerem Umfange. Die Etrusker waren aber nicht nur auf die Kupfererze in der Umgegend von Campiglia angewiesen; es standen ihnen auch noch silberhaltige Bleierze zur Verfügung, aus denen sie Blei und Silber in größeren Mengen erzeugten. Simonin führt eine ganze Reihe solcher Erzvorkommen im Norden von Toskana usw. an, worauf hier jedoch nicht weiter eingegangen werden kann.

Er ist der Ansicht, daß nach dem Umfang der bergmännischen Arbeiten die oben angegebene Menge Schlacken früher doppelt so groß gewesen, also mindestens 100 000 t betragen haben muß. Und wenn man den Kupfergehalt der mit Hand geschiedenen Erze nur mit 5% annimmt, dann ergibt sich eine ungeheure Arbeitsleistung während der Dauer des Bergwerksbetriebes von einigen hundert Jahren. Mindestens 500 t Erz müßten nach seiner Meinung im Jahre gefördert worden sein.

Die Schmelzapparate der Etrusker.

Über die von den Etruskern benutzten Öfen berichten die antiken Schriftsteller nichts. Auch Simonin kann darüber keine Aussage machen, obwohl er an verschiedenen Stellen des Fucinaiaales Schmelzplätze und zwischen den Schlacken auch Steine, die ehemals zum Aufbau von Öfen gedient haben, gefunden hat. Er vermutet aber, daß es niedrige Öfen mit natürlicher oder künstlicher Luftzuführung gewesen sind, ähnlich denen, die man zur Erzeugung von Eisen noch in römischer Zeit verwendete. Schriftsteller des 18. Jahrhunderts, die sich mit den Schmelzmethoden der alten Völker beschäftigt haben, wie beispielsweise J. F. Reitemeier¹³ und C. Chassot de Florencourt¹⁴, vertreten gleich Simonin die Meinung, daß die Römer zum Schmelzen der Erze sich kleiner Öfen nach Art der katalanischen Eisenschmelzöfen bedient hätten. Über diese Art Öfen berichtet L. Beck¹⁵ ausführlich in seiner Geschichte des Eisens. Wieweit diese Ansichten zutreffend sind, werden wir weiter unten sehen.

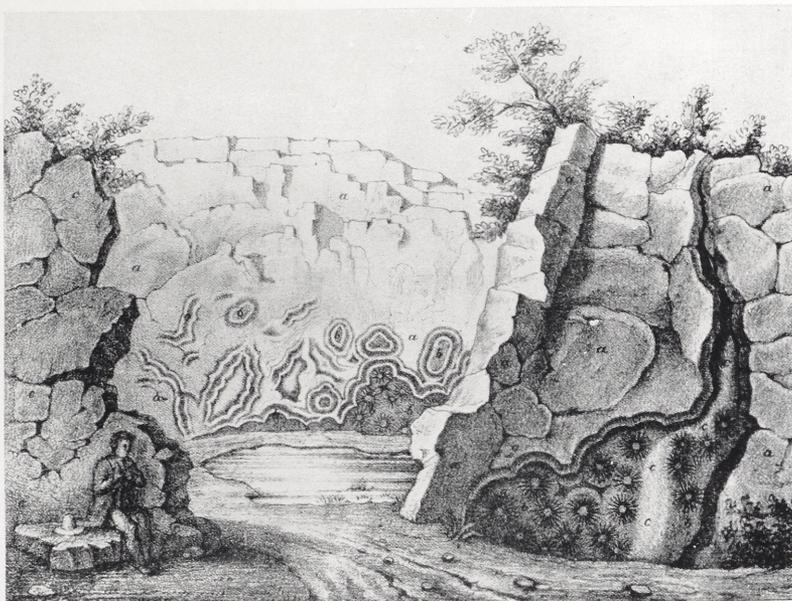
Außer den Öfen zur Verhüttung der Kupfererze müssen die Etrusker aber noch weitere Schmelzapparate benutzt haben, denn aus dem Erzeugnis vom Erzschnmelzen konnten sie das Kupfer nur nach Entfernung des Schwefels und Eisens gewinnen. Sie müssen also den Kupferstein (vgl. S. 3) verschiedentlich geröstet und verschmolzen und das so erzeugte Rohkupfer dann gereinigt — raffiniert — haben. Bei der Raffination wurde metallisches Blei zugesetzt, im Verhältnis von etwa 8 Teilen Blei zu 100 Teilen Kupfer. Diese Maßnahme ist es, auf die Plinius, Nat. hist. 34, 20 verweist und die Simonin irrümlicherweise auf das Erzschnmelzen überträgt.

Aus den silberhaltigen Bleierzen, die auch in größerem Maßstabe verhüttet worden sein müssen, haben die Etrusker bedeutende Mengen an Blei

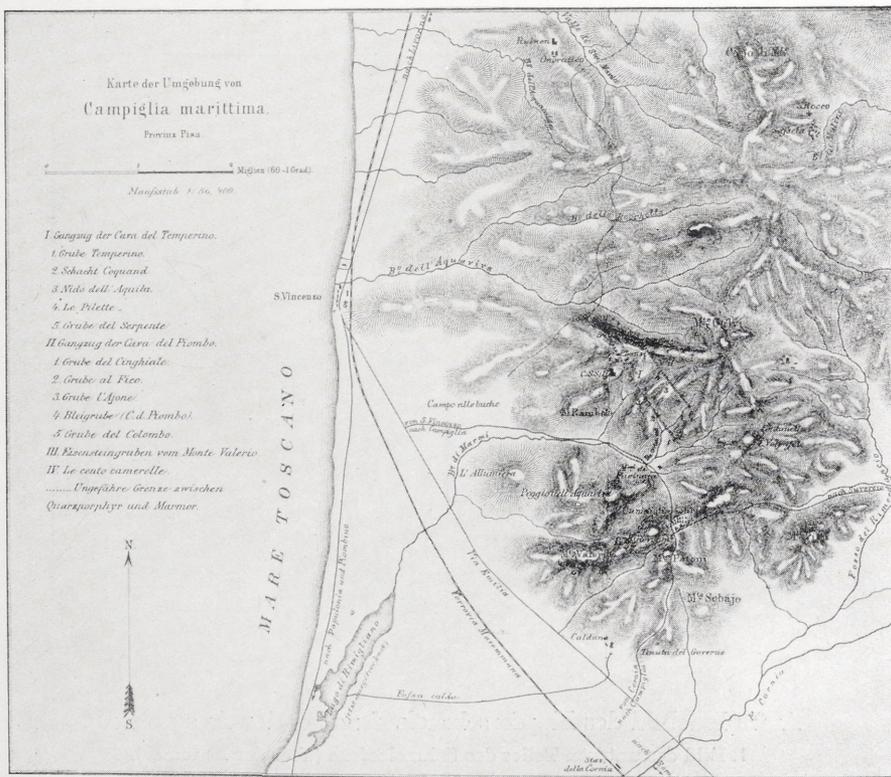
¹³) J. F. Reitemeier, Geschichte des Bergbaues und Hüttenwesens bei den alten Völkern (1785) 123 f.

¹⁴) C. Chassot de Florencourt, Die Bergwerke der Alten (1785).

¹⁵) L. Beck, Geschichte des Eisens (1884) 789 ff.



1



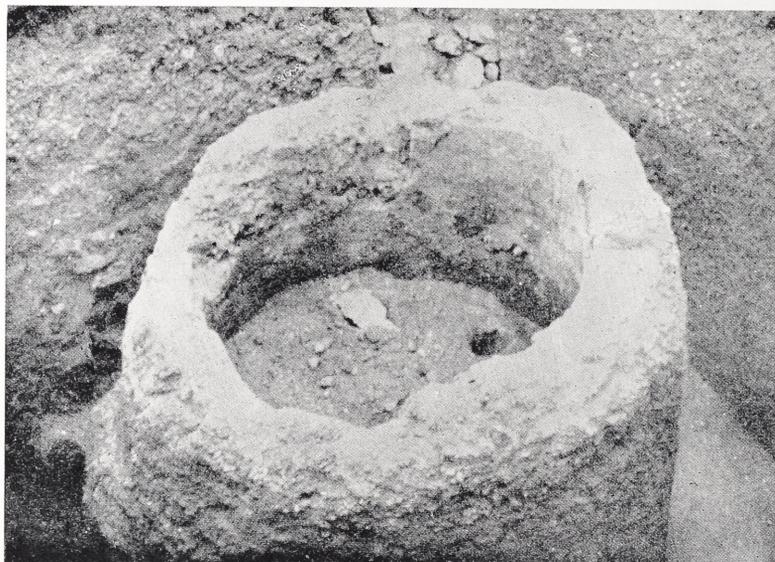
2

1. Tagebau der Bleierzgrube „Cava del Piombo“.

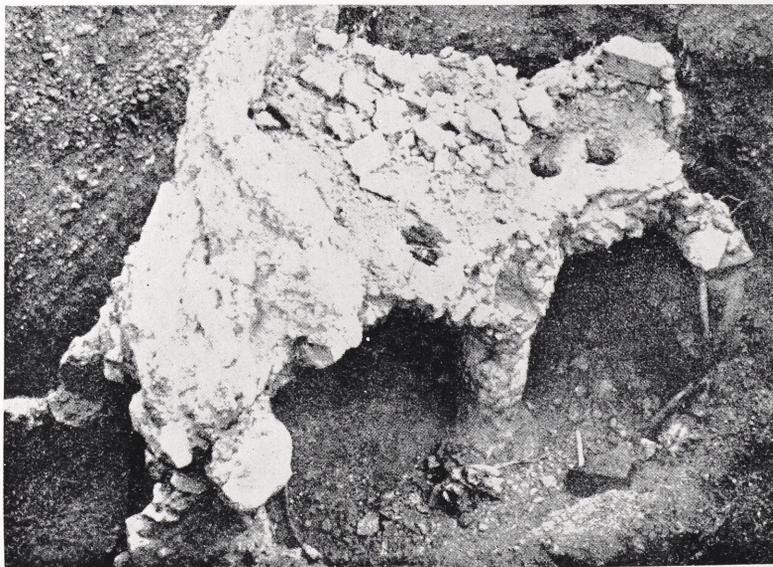
Nach G. vom Rath, Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 20, 1868, 265 ff. Taf. 5.

2. Karte der Umgebung von Campiglia Marittima. Etwa 1:125 000.

Nach G. vom Rath, Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 20, 1868, 265 ff. Taf. 4.



1



2

Aufnahmebild des Kupferschmelzofens bei der Ausgrabung.

1. Bild des unteren Teiles des Schmelzofens (über der Kammer).

2. Kammer unter dem Schmelzofen.

Nach Studi Etruschi 11, 1937 Taf. 31.

und Silber erzeugt. Ebenso haben sie auf Sardinien Bergbau betrieben und dort vornehmlich Silber gewonnen. Da zu gleicher Zeit auch die Phönizier auf dieser Insel die Metallgewinnung in größerem Umfange durchführten, so nimmt Simonin an, die Phönizier wären die Lehrmeister der Etrusker in der Gewinnung von Kupfer, Silber und Blei gewesen. Zweifellos haben beide Völker das Silber aus den Erzen dadurch gewonnen, daß sie deren Silbergehalt in einem Werkblei (Rohblei mit Silbergehalt) konzentrierten und dann in besonderen Öfen durch Oxydation des Bleies bei Rotglut vom Silber trennten. Auch die Raffination des Silbers scheint den Etruskern bekannt gewesen zu sein, da sie es mit besonderer Reinheit erzeugt haben.

Aber über alle die von ihnen verwendeten metallurgischen Apparate ist bisher keine Kenntnis auf uns gekommen. Da jedoch die Gewinnung von Silber, Kupfer und Blei aus Erzen ohne die notwendige hüttenmännische Apparatur nicht durchführbar ist, so haben sie, ebenso wie auch andere Völker des Altertums, solche Apparate im Besitz gehabt und verwendet.

Die Eisengewinnung bei den Etruskern.

Wie bereits oben angedeutet wurde, haben die Etrusker auch die Eisengewinnung in größerem Maßstabe betrieben. Es geht das einerseits aus den ungemein großen Schlackenmengen hervor, die weithin die Baratti-Ebene bedecken, andererseits berichten die antiken Schriftsteller, wie z. B. Diodor von Sizilien, Strabo u. a., ausführlich über den Abbau der Eisenerze auf Elba durch die Etrusker. Die Eisenerze wurden ebenfalls im Tagebau gewonnen, wie das zu römischer Zeit noch geschah.

Die Etrusker verschmolzen die Eisenerze ursprünglich auf Elba selbst; daher wurde die Insel von den Griechen „Insel des Feuers“ genannt. Später, als das Holz zu mangeln begann, wurden die Erze nach dem der Insel gegenüberliegenden Populonia transportiert und hier zusammen mit Erzen aus dem Campigliese verschmolzen.

Über die Eisenerzvorkommen in diesem Gebiet berichtet A. Gurlt¹⁶ wie folgt: „Der südwestliche Ausläufer des aus älteren Schichten bestehenden Gebirges von Campiglia, Monte Valerio genannt, ist ein niedriges, ziemlich kupiertes Hügelsystem und besteht aus den massigen Brücken eines dichten Kalksteins . . . In diesem Terrain finden sich an vielen Stellen unregelmäßige Massen von Brauneisenstein, innig mit Kalkstein verwachsen. . . . Es sind unregelmäßige stockförmige Massen, Konkretionen, in inniger Verbindung mit dem Nebengestein. Auf diesen Lagerstätten, die nicht Eigentümliches darbieten, wurde zu verschiedenen Zeiten, mit vielen Unterbrechungen, ein Eisensteinbergbau betrieben, der in Folge der benachbarten kolossalen Massen von Elba niemals von großer Bedeutung gewesen, obschon er Spuren antiker Arbeit erkennen läßt.“ Einige der Brauneisenerzvorkommen scheinen aber doch für die Etrusker eine gewisse Bedeutung gehabt zu haben; hierauf werden wir später noch zu sprechen kommen.

¹⁶) A. Gurlt, Zeitschr. f. Prakt. Geologie 1894, 324ff.

Die Verhüttung der Eisenerze.

Sowohl die Eisenerze von der Insel Elba als auch die bei Campiglia gewonnenen wurden, ehe sie zur Verschmelzung gelangten, einer Röstung, d. h. einem Brennen unterworfen, zu welchem Zwecke das Roherz auf eine Holzunterlage geschichtet und diese dann angezündet wurde. Da das Eisenerz der Insel Elba ein Roteisenstein mit 60–65% Eisen ist, so verlor es durch das Brennen einen Teil seines Sauerstoffgehaltes und wurde dabei in einen Zustand überführt, der es für den Schmelzbetrieb geeigneter machte. Das Schmelzen des Röstgutes geschah mit Holz oder Holzkohle, und es wurde dabei eine Luppe erhalten, die, je nach dem Ofengang, nach der Bearbeitung mit wiederholtem Erhitzen zur Entfernung eingeschlossener Schlacke entweder weiches Eisen oder Stahl ergab.

Die Eisenschlacken.

Wie bereits erwähnt, haben die Etrusker die Eisenerze von der Insel Elba mit solchen aus der Campigliese, in der Hauptsache vom Monte Valerio bei Populonia, zusammen verhüttet. Man erreichte dadurch einen guten Schmelzgang, und es entfiel beim Verschmelzen dieser Erzmischung auch eine gut fließende Schlacke von kristalliner Struktur und einer chemischen Zusammensetzung von:

Kieselsäure	50%
Eisenoxyden	40%
Kalk	} 8–10%
Magnesia	
Tonerde	

Infolge des hohen Gehaltes an Ferrit ist die Schlacke von schwarzer Farbe und magnetisch. Von den ursprünglich vorhanden gewesenen riesigen Mengen Eisenschlacken sind große Partien für Wegebauten verwendet worden. Immerhin konnte Simonin bei seinem Besuch noch schätzungsweise 60000 t feststellen; er fand eine Schlackenhalde von mehr als 600 m Länge und 2 m Höhe. Inzwischen dürften davon noch weitere Teile zur Nutzbarmachung ihres Eisengehaltes Eisenhüttenwerken zugeführt worden sein, und so verschwinden nach und nach die Zeugen der einst hier umgegangenen und für jene frühe Zeiten so ungeheuer wichtigen Eisengewinnung.

Die zum Schmelzen der Eisenerze verwendeten Öfen.

Simonin hat bei seinem Besuch des Gebietes von Populonia keine Ofenruinen mehr vorgefunden. Er nimmt jedoch an, daß die Römer nach der Eroberung Etruriens die vorhandenen Öfen für die Eisenerzeugung weiter benutzten und solche gleicher Art noch unter der Regierung des Augustus verwendeten. Seiner Meinung nach sind also die in Populonia benutzten Eisenerzschmelzöfen von gleicher Bauart gewesen wie die zu jener Zeit auf Korsika, in Katalonien und anderen Ländern gebrauchten und wie diejenigen, die noch

Mitte des 19. Jahrhunderts in den abgelegenen Tälern der Pyrenäen in Anwendung standen. Es sind das die sogenannten katalanischen Herde (*Abb. 3*), die Beck a. a. O. 789ff. genauer beschreibt. Weiteres über den Betrieb dieser Öfen ist dem Werke Beck's zu entnehmen. Da nach den zahlreichen Eisenschlacken in der Baratti-Ebene Eisen gewonnen wurde, so muß hier auch eine windreiche Zone (Meeresnähe) gewesen sein. Es kann freilich trotzdem möglich sein, daß der Wind für den Betrieb der Öfen künstlich erzeugt wurde.

Zu der Zeit, als die Römer die Etrusker unterjochten, wurde auch bereits in Spanien römischer Bergbau betrieben, und es ist anzunehmen, daß man für die dortige Kupfergewinnung Öfen gleicher Art verwendet hat.

Eine Bestätigung dieser Annahme gibt uns denn auch der Fund zweier Öfen, die von F. Schönichen¹⁷ in Tharsis in Spanien unter Schlackenhaufen entdeckt wurden. Diese Öfen (*Abb. 4*) stammen aus der Zeit, als die Römer im Riotintogebiet Bergbau auf Kupfer und Blei betrieben und die einige Jahrhunderte vor Chr. Geb. hinaufreicht; sie wurden zum Schmelzen von Kupfererzen benutzt¹⁸. Seitdem

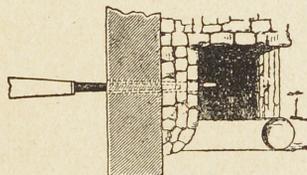
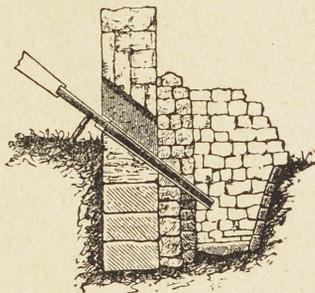


Abb. 3.

Katalanischer Eisenschmelzofen.

Nach L. Beck, Geschichte des Eisens (1884) 793 Abb. 251.

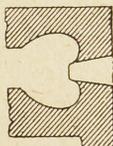
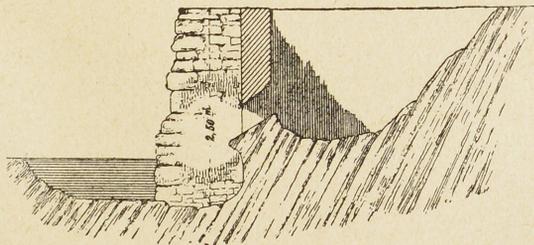
Schnitt d. die Form*Gichtöffnung*

Abb. 4. Römischer Kupferschmelzofen aus Spanien.

Nach F. Schönichen, Berg- und Hüttenmänn. Zeitung 22, 1863 Taf. 8, 17.

¹⁷ F. Schönichen, Berg- und Hüttenmänn. Zeitung 22, 1863, 200.

¹⁸ Die Öfen von Tharsis zeigen eine innere Form, die ähnlich der unserer halbhohen Krumm-öfen ist. Noch bis in die neuere Zeit standen derartige Krumm-öfen auf deutschen Hütten in Anwendung (d. Verf.).

die Römer die Bergwerke jenes Distriktes verlassen haben, hat dort kein Bergbau- und Hüttenbetrieb mehr stattgefunden.

Vergleicht man die Abbildung des Ofens von Tharsis mit der bei Beck a. a. O. 793 gegebenen Abb. 251 des katalanischen Herdes, dann sieht man, daß eine Ähnlichkeit beider unverkennbar ist. Es darf dabei aber nicht übersehen werden, daß, worauf Beck besonders hinweist, diese Öfen aus älteren Vorbildern sich entwickelt haben und diese sicher phönizisch gewesen sind. Denn die Römer haben keinerlei technische Verbesserungen eingeführt. Die Katalansmelzen bilden also gewissermaßen eine andere Ausführung der älteren Ofenform.

Aus den Berichten vom Raths und Simonins haben wir ersehen, wie groß die Tagebaue, Schächte und Schlackenhalde sind, die uns von dem ehemaligen Bergbau- und Hüttenbetrieb der Etrusker Kenntnis geben. Außer den Kupfer-, Blei- und Eisenerzen haben sie, wie die nachfolgenden Ausführungen zeigen werden, aber auch zinnhaltige Eisenerze oder sogar das Mineral Zinnstein gekannt und in kleinerem Umfange nutzbar gemacht. Hierauf deuten indessen nur bergbauliche Spuren hin, im Gedächtnis der Bewohner jenes Gebietes ist jede Erinnerung daran geschwunden. Von dem Auffinden des zinnhaltigen Eisenerzes bzw. des zinnsteinführenden Ganggesteines gibt Gurlt¹⁹ einen anschaulichen Bericht, dem nachstehendes entnommen wird:

„Im Jahre 1873 wurde die Eisenerzgewinnung in den Gruben am Monte Valerio wieder aufgenommen. 2 Jahre später (1875) fielen einem Steiger dieser Gruben lose an der Oberfläche gefundene Erzstufen durch ihr hohes spezifisches Gewicht auf, ohne daß er sie durch ihr Aussehen von dem gewöhnlichen Erz zu unterscheiden vermochte. In einer dieser Stufen wurden 50% Zinn festgestellt. Angestellte Nachforschungen ergaben zwar eine große Anzahl von Findlingen, das Mineral konnte aber anstehend nicht nachgewiesen werden. Erst später fand man an der Straße von Valerio nach Campiglia Zinnstein auf ursprünglicher Lagerstätte. Hier treten genau unter denselben Verhältnissen wie am Monte Valerio dieselben Brauneisensteine auf. Eine der Lagerstätten aber wird an der Begrenzung (Salband) von einer Masse begleitet, in der der Zinnstein mehr oder weniger mit Brauneisenstein und kohlen-saurem Kalk verunreinigt oder innig mit einer hornsteinartigen Quarzmasse gemengt ist. Dieses Auftreten des Zinnsteins im Eisenerz wurde genau verfolgt, weil man damals (1877) nur die an Zinnerz reicheren Partien bzw. Nester gewinnen wollte.“ Vgl. dazu *Abb. 5* und das Schlibfbild (*Abb. 6*), das die Verteilung des Zinnsteins im Eisenerz wiedergibt. — „Gerade in dieser del Fumacchio genannten Grube befinden sich Hohlräume, offenbar antiker Arbeit, die, durch zierliche Pfeiler gestützt, im Kalkstein der Gangmasse folgen. Da der Eisenstein stehengeblieben ist, wird angenommen, daß die Etrusker es verstanden haben, auch das Zinnerz nutzbar zu machen.“ Soweit Gurlt.

Ganz ungerechtfertigt scheint diese Annahme nicht zu sein, denn unter den großen, von den Etruskern hinterlassenen Metallschätzen spielen die Gegenstände aus Bronze eine große Rolle. Besonders die alte Etruskerstadt

¹⁹) Gurlt a. a. O. 325f.; vgl. auch vom Rath, Verhandl. d. Naturhist. Ver. d. Preuß. Rheinlande u. Westfalens 34, 1877 Sitzungsber. 59—63.

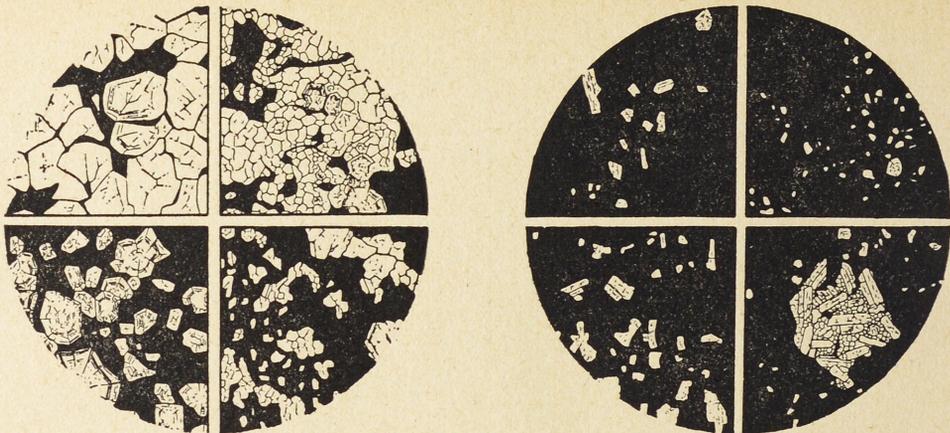


Abb. 6. Schlibfbild des zinnsteinföhrnden Brauneisenstein. Etwa 1:70.
Nach Studi Etruschi 1, 1927 Taf. 56.

Zinn-Legierung, die bis zu 70% Zinn enthalten kann. Beim Erkalten derselben scheidet sich ein Teil des Zinns als reines Metall ab. Es kann aber auch schon aus der Lupe im Ofen ein Teil des Zinns aus ihr ausseigern — wie man den Vorgang hüttenmännisch nennt — und sich auf der Ofensohle ansammeln, wodurch eine Nutzbarmachung ermöglicht wird. Da den etruskischen Metallarbeitern das Zinn als Metall bekannt gewesen ist, so werden sie auch versucht haben, das zinnhaltige Eisenerz von dem zinnfreien Erz zu trennen und für sich zu verhütten. Ein Hinweis darauf könnte in dem oben erwähnten Auffinden zahlreicher spezifisch schwerer Eisenerzbrocken außerhalb der Grube am Monte Valerio gesehen werden. Nachdem das Vorkommen zinnreicher Erzpartien in gewissen Eisenerzgruben einmal erkannt worden war, wird man auch bestrebt gewesen sein, diese aufzufinden und für sich abzubauen. Nun ist aber nach der Schilderung des bekannten deutschen Geologen Bergeat²⁰ das Erkennen des Zinnsteins im Eisenerz außer am spezifischen Gewicht der Erzbrocken sehr schwer gewesen. Außerdem hat man bei der regulären Verhüttung des zinnhaltigen Eisenerzes nur einen sehr kleinen Teil des Zinns aus dem erzeugten zinnhaltigen Eisen zurückgewinnen können. Die etruskischen Metallarbeiter werden das sehr bald erkannt haben, und da sie das Verhalten des Zinns dem Kupfer gegenüber auch kannten, so werden sie das zinnhaltige Eisenerz vermutlich zusammen mit Kupfererz verschmolzen und so eine Bronze mit variablen Zinngehalten erzeugt haben. Nur auf diese Weise konnten sie den weitaus größten Teil des Zinninhaltes der Eisenerze nutzbar machen. Trifft diese Vermutung zu, dann muß sich das bei der chemischen Untersuchung gewisser Schlackenhaufen nachweisen lassen. Bei den bisherigen Untersuchungen der verschiedenen Schlackenhaldden hat man auf einen Zinngehalt der Schlacken anscheinend noch nicht geachtet, es würde das bei den nunmehr zu besprechenden neueren archäologischen Forschungen nachzuholen sein.

²⁰⁾ Stelzner-Bergeat a. a. O. 113; Bergeat, Neues Jahrb. f. Mineralogie 1, 1901 Abh. 135f.

Neue Forschungsergebnisse.

Wie die vorstehenden Ausführungen zeigen, war man bisher über die von den Etruskern verwendeten metallurgischen Öfen auf die Berichte antiker Schriftsteller, besonders die des Plinius in seiner Naturgeschichte, angewiesen. Diese Berichte sind aber teilweise so unvollständig und dunkel, daß selbst die oben (S. 8) genannten namhaften sachverständigen Autoren Reitemeier und Chassot de Florencourt sich kein zutreffendes Bild von den Schmelzapparaten machen konnten und daher nur Vermutungen äußern. Wenn man aber berücksichtigt, daß zwischen der Zeit, da der etruskische Bergbau in Blüte stand, und jener, als Plinius u. a. schrieben, mindestens ein Zeitraum von fünf Jahrhunderten liegt, dann ist es erklärlich, warum die Quellen versiegt waren, aus denen sie sonst hätten schöpfen können.

Glücklicherweise sind nun im letzten Jahrzehnt bei archäologischen Grabungen im Fucinaialtal Entdeckungen gemacht worden, die uns ein anschauliches Bild von der Lage der Hüttenplätze und der für die Verschmelzung von Kupfererzen verwendeten Öfen der Etrusker vermitteln. Wie D'Achiardi, Tarani, Blanc, Rossoni, Minto u. a. berichten²¹, wurden im Jahre 1934 von dem Ingenieur L. de Mancio bei der kleinen Kirche von Fucinaia drei antike Schmelzöfen entdeckt. Archäologisch geschult, konnte er sie sofort den Etruskern zuweisen. Nach Meldung dieses wichtigen Fundes besichtigte eine Kommission den Platz, und am 11. Juni 1936 wurde mit den Ausgrabungsarbeiten der Öfen, bezeichnet mit 1, 2 und 3, begonnen. Bald darauf stellte man noch eine zweite Gruppe Öfen im Westen der Straße fest und zwischen diesen beiden Gruppen später noch eine dritte.

Aus dem von G. Tarani angefertigten Lageplan (*Abb. 2*) sind die Plätze der ersten sechs Öfen ersichtlich, sie befinden sich fast in einer geraden Linie auf einem leicht abfallenden Bergrücken nahe der Mündung des kleinen „del Temperino“ genannten Tales in das Haupttal von Botro ai Marmi (Marmorhügel), durch das die Kommunalstraße von S. Vincenzo nach Campiglia Marittima führt.

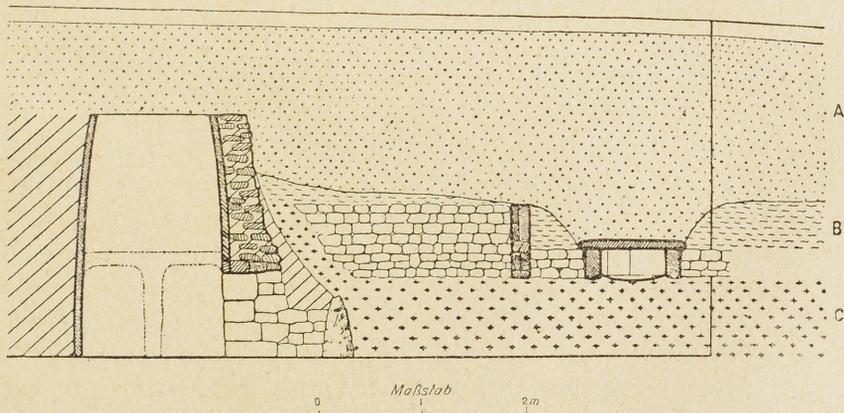


Abb. 7. Rekonstruktion der Kupferschmelzöfen. Nach Studi Etruschi 11, 1937, 321 Abb. 5.

²¹) Studi Etruschi 11, 1937, 305ff.

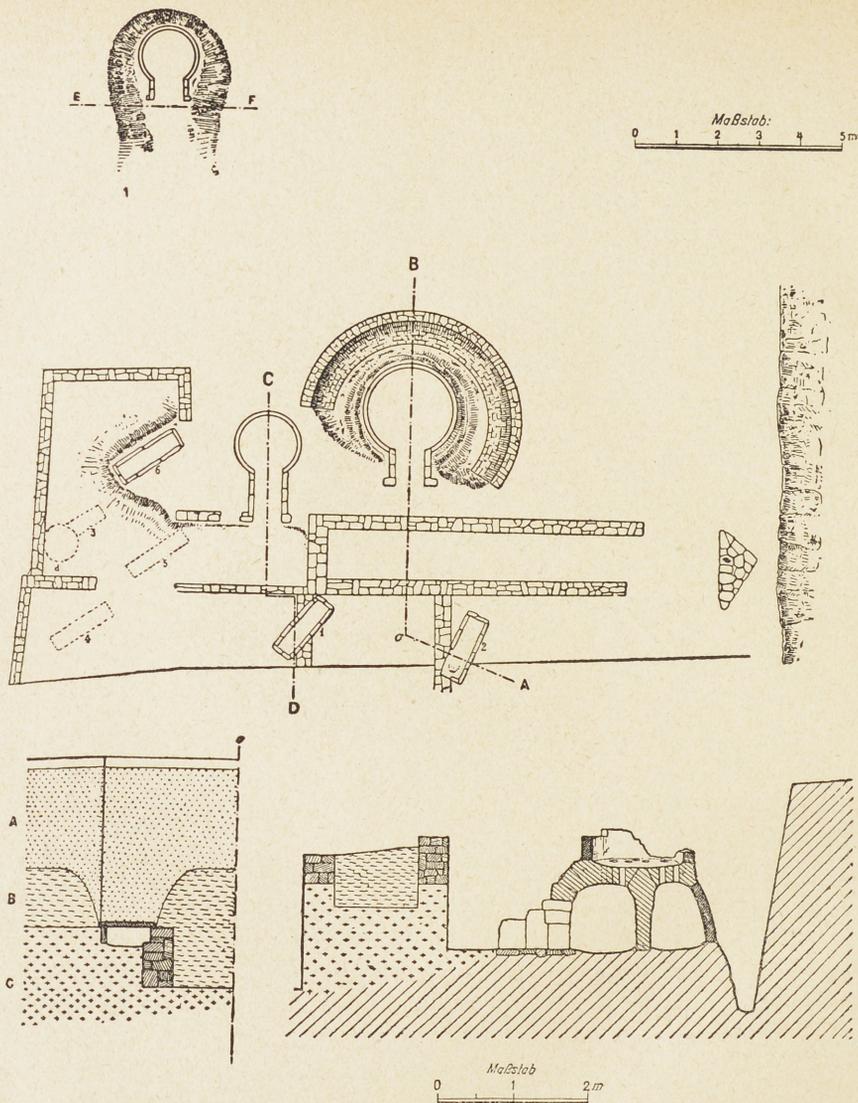


Abb. 8. Lageplan und Rekonstruktion der Kupferschmelzöfen.

Nach Studi Etruschi II, 1937, 319 Abb. 3 u. 4.

Die Öfen der ersten Gruppe, bezeichnet mit Nr. 1, 2 und 3, liegen nahe beieinander, dann folgt der Ofen 6 und darauf Nr. 4 und 5 der zweiten Gruppe, über die dritte Gruppe wird noch nichts berichtet. Die Öfen von Gruppe I stehen auf gewachsenem Boden, der aus Schottern (Alluvionen) besteht. Die Öfen der Gruppe II stehen auf Kalkstein (Lias). Von den Öfen ist der mit Nr. 1 bezeichnete am besten erhalten, so daß er als Typus für alle anderen genommen werden soll. Seine Form (Abb. 7 u. 8) ist die eines abgeschnittenen Konus mit einem Durchmesser von 1,80 m an der Basis und 1,70 m oben. Wir haben hier zwei voneinander getrennte Teile, eine Kammer als Unterbau und auf ihr den eigentlichen Ofenschacht, der von der unteren Kammer durch einen Zwischenboden getrennt ist. Dieser besteht aus einer eingestampften Mischung von

Ton mit Porphyrstücken und ist mit zwei Reihen Löcher von 5—7 cm Durchmesser versehen, die mit Kieselsteinen bedeckt waren; auf seiner Oberfläche war ein Überzug von Kupferkarbonat zu bemerken. Eine aus Porphyrblocken aufgeführte Säule trug das Ganze, wie aus *Abb. 9* und *Taf. 2,2* ersichtlich ist.

Zu der als Ofenunterbau dienenden Kammer führt von außen ein nach Süden offener Weg von 0,55—0,60 m Breite, der auf beiden Seiten von einer Trockenmauer aus Porphyrgestein eingefäßt und mit einer Aufschüttung von Schlacke und Kies bedeckt ist. Von den Ausgräbern wird er als Fußweg be-

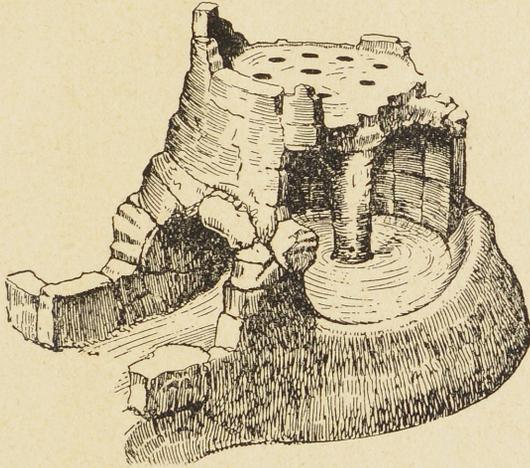


Abb. 9. Rekonstruktion der Kammer unter dem Ofenschacht.
Nach Studi Etruschi 11, 1937, 328 Abb. 7.

zeichnet. Höchstwahrscheinlich führte er zu einem bereits in frühester Zeit bestehenden Talweg. Über seinen Zweck ist man noch im unklaren; ich nehme aber als ziemlich sicher an, daß er zur Abfuhr der Schlacke usw. gedient hat, denn die Halden befinden sich in ziemlicher Entfernung von den Öfen.

Der Ofenschacht ist mit Ziegeln von 10 cm Dicke ausgemauert. Irgendwelche Öffnungen für Windzufuhr und Schlackenabstich hat man bisher nicht gefunden. Sie müssen ursprünglich aber vorhanden gewesen sein, denn sonst könnte man sich keine Vorstellung von dem Betrieb des Ofens machen. In der *Abb. 7* wird von den Ausgräbern eine Rekonstruktion des Ofens versucht; aus ihr geht aber wie gesagt nicht hervor, an welcher Stelle der Abstich für den Kupferstein und die Schlacke sich befunden hat. Sie muß sich m. E. etwa 0,40—0,50 m über dem Zwischenboden befunden haben und wird beim Ausgraben des Ofens vielleicht bereits nicht mehr vorhanden gewesen sein. Bei der Höhe des Ofens ist anzunehmen, daß er mit natürlichem Luftzug gearbeitet hat.

Für die Anlage der Schmelzplätze haben die etruskischen Schmelzer ein abfallendes Terrain gewählt, weil dadurch die Arbeit am Ofen, die Schlackenabfuhr und die Windzuführung erleichtert wurde: es mußte dafür aber eine Einbettung der Fundamente in den Gehängeschutt von etwa 2 m Mächtigkeit geschehen. Die durchlässigen Bodenschichten (Alluvionen) bestehen aus quarzhaltigem Porphyr- und Kalkschotter. Sie dehnen sich bis zu den anderen Tälern hin aus. In Regenzeiten steigt erfahrungsgemäß das Grundwasser in

diesen Schichten, und das wird auch der Grund für die Aufführung des Unterbaues gewesen sein. Vermutlich wird ursprünglich der Ofenschacht auf gewachsenem Boden geruht haben, und der Zwischenboden ist wahrscheinlich erst dann eingeschaltet worden, als sich Wasserschäden zeigten.

Über den Betrieb dieser Öfen ist eine bestimmte Aussage z. Zt. nicht möglich. Die Vermutung der Ausgräber, daß die Öfen von der Kammer aus beheizt worden seien, beruht wohl auf einem Irrtum, denn in einem Schachtofen kann mit offener Flamme nicht geschmolzen werden. Sämtliche Öfen werden, wie schon oben erwähnt wurde, mit natürlichem Luftzug betrieben worden sein. Das abgeröstete Erz wurde mit kleinen Holzstücken als Brennstoff oben aufgegeben, und es bildete sich beim ersten Schmelzgang ein Kupferstein mit mindestens 30% Kupfer und Schlacke, die auf die Halde abgefahren wurde. Der Kupferstein ist in kleine Stücke zerschlagen und auf einer Holzunterlage geröstet worden, worauf er im gleichen oder in einem anderen Ofen wiederum geschmolzen wurde, um den Kupfergehalt in dem neuen Schmelzerzeugnis zu steigern. Diese Operationen sind so lange wiederholt worden, bis ein Rohkupfer erreicht wurde, das dann in einem besonderen Apparat raffiniert, d. h. von den Verunreinigungen befreit wurde. Die wenigen zwischen den Schlacken gefundenen Erzstücke (Kupferkies) waren angeröstet; es läßt sich daraus auf eine Röstung der Erze schließen. Es muß auch der Röstprozeß den Etruskern bekannt gewesen sein, sonst hätten sie Kupfer aus solchen Erzen nicht erzeugen können. Man nimmt an, daß die Kupfererze aus den zahlreichen Schächten im oberen Temperinotale stammen. Die aufgefundenen Erzstückchen überschreiten eine Größe von 50 mm nicht. Außer ihnen wurden auch kleine, nußgroße Stücke von Rohkupfer gefunden, die mit basischen Kupfersalzen bedeckt waren. Das Kupfer enthält noch Eisen, etwas Zink und Silber. Ob man es jedoch in diesen Öfen selbst erzeugte, ist sehr fraglich; sicher geschah das an anderer Stelle in besonderen Herdöfen.

Aus der topographischen Aufnahme der Schlackenhalden (*Abb. 2*) ersieht man deren Lage an beiden Seiten des Capattoliales. Die einzelnen Schlackenhaufen scheinen ursprünglich eine zusammenhängende Halde gebildet zu haben, doch sind sicher größere Teile davon im Laufe der Zeit für Wegebauten abgefahren worden.

P. Rossoni hat eine chemische Untersuchung dieser Schlacken durchgeführt und dabei nachfolgende Zusammensetzung ermittelt:

Kieselsäure	55,00%
Eisenoxyd	10,22%
Tonerde	21,68%
Kupferoxydul	4,82%
Kalk	1,12%
Magnesia	2,21%
Glühverlust	4,10%
	<hr/>
	99,15%

Vergleicht man diese Analysenergebnisse mit den von Simonin ermittelten, dann fällt einmal der niedrige Eisengehalt und andererseits der hohe Tonerdegehalt der von Rossoni untersuchten Schlackenproben auf. Es handelt sich

also hierbei um ganz andere Schlacken als die von Simonin untersuchten. Auffällig ist aber vor allem der abnorm hohe Kupfergehalt in vorstehender Analyse. Nach vom Rath führte das Erz aus den tieferen Bauen zwischen 6 und 7% Kupfer, und nach Simonin soll das Scheideerz etwa 5% Kupfer enthalten haben. Aus solchem geringhaltigen Erz kann eine Schlacke mit über 4% Kupfergehalt normalerweise nicht anfallen. Entweder ist die große Höhe des Prozentsatzes auf einen Einschluß von Kupfersteinpartikelchen zurückzuführen, oder es sind hier Erze aus den oberen Teufen der Lagerstätte mit hohem Kupfergehalt verschmolzen worden. Wahrscheinlich war letzteres der Fall, denn die hohen Gehalte an Kieselsäure und Tonerde neben wenig Eisen deuten darauf hin. Leider ist von Rossoni der Schwefelgehalt der Schlacke nicht ermittelt worden, so daß sich nicht sagen läßt, ob es an Schwefel in der Beschickung gefehlt hat.

Bei den Ausgrabungen, mit denen an dem Zugang zum Unterbau (Kammern) des Ofens begonnen wurde, stellte man fünf übereinanderlagernde Schichten fest. In der untersten, von 2,50—3,70m unter der heutigen Oberfläche, fand man unmittelbar über dem gewachsenen Boden reichlich Schlacken, Kohlenstücke, Scherben, Ofenbruchstücke, halbgeschmolzenes Erz und viele Knochen. Es handelt sich hierbei um die Ausfüllung eines Grabens oder dergl. Die darüber befindliche 4. Schicht besteht aus dem gleichen Füllmaterial. Wahrscheinlich hat man dieses von einem anderen nahegelegenen Schmelzplatz herbeigeschafft. Über dieser vierten Schicht folgt eine 1 m starke Schicht N 3, die aus hellerem Boden mit wenig Schlacken und Tonscherben besteht. Die Schicht ruht auf einem Fundament aus Trockenmauerwerk, und in ihr liegen Gräber. Dann folgt Schicht 2 von ganz verschiedener Stärke, bestehend aus Schlacke, Erz und Boden, und darüber liegt eine 0,30 m starke Schicht Ackererde.

Diese verschiedenen Bodenschichten gehören drei ganz verschiedenen, voneinander unabhängigen Zeitstufen an. Zur ersten Zeitstufe sind die Schichten 5 und 4 zu rechnen, es war die Periode, in der die Öfen in Betrieb standen.

In einer weiteren Veröffentlichung²² berichtet A. Minto über den Fortgang der Ausgrabungen dieser für die Metallgewinnung bei den Etruskern so wichtigen Fundstelle. Auch auf der anderen Seite des Temperinotales wurden Grabungen vorgenommen und weitere Öfenreste gefunden, die mit a, b und c bezeichnet werden. Die unteren Teile (Kammern) sind bei diesen neugefundenen Exemplaren die gleichen wie bei den früher entdeckten. Auch ist die Gesamtanlage die gleiche und die Anordnung in systematischen Gruppen vorgenommen worden. Auch hier fehlen die oberen Teile, die Schächte. Als neue Funde sind zu nennen: Bergmannslampen, eine Situla und ein Spachtel aus Blei. Die Grabungen sollen fortgesetzt werden.

²²) Studi Etruschi 14, 1940, 315 ff.