

einen Erzgang von solcher Mächtigkeit ausschließt. Das Vorhandensein mehrerer Gänge, die ähnlich wie die Blätter eines Buches gelagert sind, ist aber höchst unwahrscheinlich.

Die große Anzahl der Pingen, die große Zahl der Zerkleinerungsgeräte, die liegen gebliebenen Erzstücke und der Schmelzofen beweisen das Vorhandensein von Erz. Somit sind ergebnislose Versuchsbauten der Alten im tauben Gesteine ausgeschlossen und es gibt nur zwei Erklärungen für die Lagerung.

Entweder liegt der Erzgang als Platte parallel zum Gehänge in mäßiger Tiefe unterhalb desselben, oder er streicht quer zum Gehänge und fällt oberhalb der Pingen nach Norden in die Tiefe. In diesem Falle müßte man annehmen, daß die über Tag stehenden Partien des Erzganges abbrachen und größere und kleinere Blöcke des Ganges längs des Gehänges rollten. Hier würden dann die Alten durch Tagbaue die nicht mehr auf primärer Lagerstätte liegenden Gesteine ausgebeutet und verarbeitet, also eine Art Erzsammelbau getrieben haben. Diese Annahme hat insofern Anspruch auf Wahrscheinlichkeit, als gegen eine parallel zum Gehänge liegende Gangplatte die bis jetzt bekannten Schichtungen sprechen.

Eine endgültige Klärung der Lagerungsverhältnisse und der obertägigen Abbaue der Alten am Sausteigen kann nur der fortschreitende, moderne Bergbaubetrieb bringen.

Auch das südliche Gehänge des Sausteigens zeigt vielfach pingenähnliche Terraingestaltung. So muß wohl die talwärts liegende Furche, an deren unterem Ende der Saustollen angeschlagen ist, als eine Furchenpinge angesprochen werden. Hier sowie bei anderen benachbarten, furchenähnlichen Gebilden, von denen manche auf die Wirkung des fließenden Wassers zurückzuführen sein dürften, fehlen bis jetzt entsprechende prähistorische Funde. Demnach läßt sich derzeit noch nicht entscheiden, ob auch auf dem südlichen Gehänge des Sausteigens in prähistorischer Zeit Erze abgebaut wurden.

Eine eigenartige Terrainkonfiguration findet sich oberhalb des Bachbauerngutes (bei 4 in Fig. 41), wo die beiderseitigen Gehänge eines steil zusammenlaufenden Erosionstales von je sechs parallel nebeneinander laufenden Gräben durchfurcht sind, deren ausgebrachtes Material links und rechts aufgeschüttet ist. Das obere Ende eines dieser Aufschüttungsprismen bildet ein kleines Plateau, von welchem aus anscheinend versucht wurde, einen Stollen einzutreiben.

Es sei ausdrücklich vermerkt, daß jedwede auf vorgeschichtliche Zeit deutenden Funde hier fehlen, die Anlage aber von Menschenhand herrühren muß, da ihre Regelmäßigkeit eine natürliche Entstehung ausschließt. Ob diese pingenähnlichen Gebilde mit einem Bergbau überhaupt zusammenhängen oder nicht, kann derzeit nicht entschieden werden.

## V. Stuhlfelden.

Auf dem Dürrnberg (etwa 1050 m) fand man bei der Wiedereröffnung des „Alten Stollens“ der Mrs. Roth Brothers in Paris, der um eine Terrasse (etwa 25 m) höher liegt als die zwei Neustollen, auf einem Felsvorsprung der rechten Ulme, 40 Schritte vom alten, 28 Schritte vom neuen Stollennunde entfernt, eine mittelständige Lappenaxt (Fig. 45) aus Bronze.

Die Bahn ist eckenrund mit sehr flach bogenförmigem, spitzwinkeligem Ausschnitt, dessen Seiten ein wenig einwärts geschlagen sind; Schneide mäßig bogenförmig und mäßig ausladend. Auf der Außenseite der Lappen sind nach der Länge derselben fünf ganz flache Rippen in gleichen Abständen voneinander erkennbar, von denen die mittlere geradlinig ist, die beiden andern immer mehr bogenförmig, entsprechend der bogenförmigen Kontur der Lappen, werden. Auf den Rippen sind der Quere nach zahlreiche Hammerschläge in Abständen von 0.15 cm voneinander sichtbar. Länge 15.9 cm; Breite oben 3.1 cm, unterhalb der Lappen 2.1 cm, an der Schneide 4 cm;



Fig. 45 Lappenaxt [MCA] aus Bronze vom Dürrnberg bei Stuhlfelden.  $\frac{1}{2}$  n. G.

Lappengröße 5/2.8 cm; 210 g. Patina schwarz gebrannt. Fundjahr 1911. [MCA]; KARL FÖDINGER, Goldarbeiter im Mittersill im Ober-Pinzgau; KLOSE.



Da die Untersuchungen über diesen, vermutlich prähistorischen Bergbau erst im Jahre 1914 ernstlich in Angriff genommen hätten werden sollen, läßt sich derzeit noch nichts Abschließendes über diese Lokalität mitteilen. Die nicht weit von dem Stollen entfernten Scheidplätze (Fig. 46) sind, nach den Keramikfunden zu schließen, prähistorisch.



Fig. 46 Prähistorischer Scheidplatz am Dürrnberg bei Stuhlfelden

### Aufbereitung.

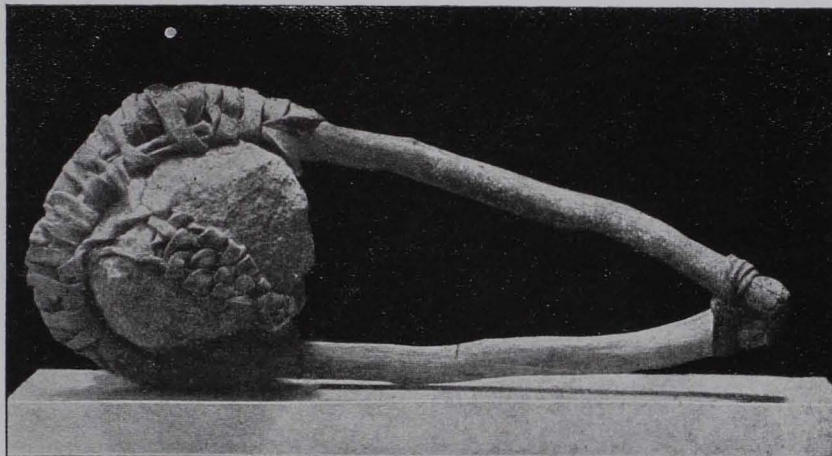
Es ist bereits früher vermerkt worden, daß die roheste Kuttung in der Grube vorgenommen wurde. Das geförderte Hauwerk wurde auf den Scheidplätzen aufbereitet. Diese befinden sich alle in unmittelbarer Nähe der Pingen, vielfach an deren Abhängen. Die Aufbereitung fand also in unmittelbarer Nähe der Verhau statt. Das Wesen der Aufbereitung bestand ebenso wie noch heute darin, die Trennung der Erze vom tauben Gestein möglichst vollständig durchzuführen, damit bei der Verhüttung durch übermäßige Schlackenbildung und andere retartierende Vorgänge der Schmelzprozeß nicht gestört werde.

Zuerst wurden mit größeren oder kleineren Steinschlegeln die großen Erzbrocken zerschlagen und zerkleinert. Die Stiele (Fig. 47, 1, 2) dieser schweren Schlegel waren wohl ähnlich denen, wie sie E. TREPTOW<sup>45)</sup> beschreibt: „Die Stiele schwerer Hämmer und größerer Beile wurden aus einer Rute gebildet, die zusammengebogen und dann mittels Riemen in einer um den Stein herumlaufenden, eingeschlagenen Rinne befestigt wurde, so daß also ein doppelter Stiel entstand. Hier wurden die Weiden an der Stelle, welche am meisten gebogen werden mußten, aufgedreht, wie das heute noch die Korbmacher beim Verflechten starker Weiden zu tun pflegen.“ Vorwiegend für kleinere Schlegel wird die von O. KLOSE (KT, Fig. 34) angegebene Schäftungsart in Betracht kommen.

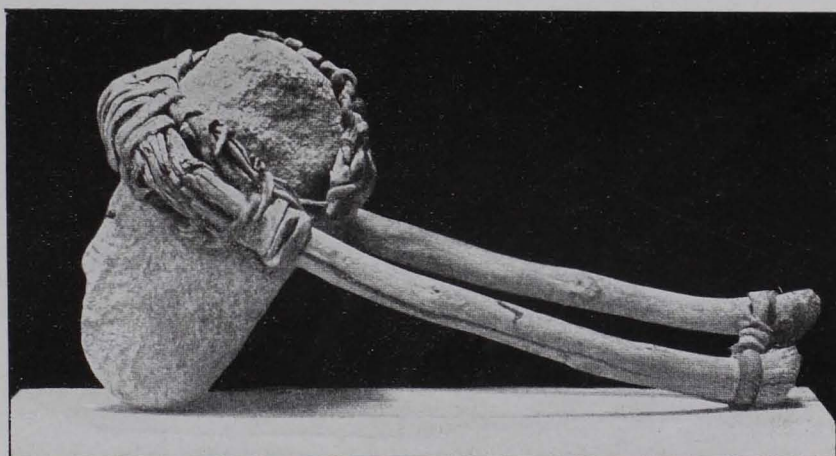
<sup>45)</sup> Die Mineralbenutzung in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreiche Sachsen, 1901, S. 16.



Das Hauwerk wurde nun weiter auf Unterlagsplatten durch Handklopfsteine zerkleinert, um dann mit sogenannten Läufern auf Schlich zerrieben zu werden. Dieser wurde nun in Sichertrögen gewaschen. Hier blieb das Erz infolge seines größeren spezifischen Gewichtes im Troge, während das leichtere Taube mit dem Wasser weggespült wurde. Durch diese Prozedur erzielte man die größte Anreicherung der Erze, die



1



2

Fig. 47 Steinhammer aus Chuquicamata bei Calama in Chile.  $\frac{1}{3}$  n. G.

(Nach TREPTOW, „Die Mineralbenützung“, Freiburg 1901, Texttafel II.)

1 Ober-, 2 Seitenansicht.

auf mechanischem Wege überhaupt erzielt werden kann, wobei nochmals zu erwähnen ist, daß die Alten, wie uns die stehengelassenen Mittel erkennen lassen, nur allerreichste Gänge abbauten und somit das ausgebrachte Hauwerk an und für sich erreicher war, als es bei modernen Betrieben ist.

Als ethnographische Parallele sei hier das Bild des Waschens von Kupfererzen (Fig. 48) nach einem älteren japanischen Werke eingeschoben. Auf diesem sehen wir links im Vordergrund einen Mann, der das zu Schlich zerriebene, mit taubem Gestein verunreinigte Erz den beiden Wäscherinnen zuteilt. Letztere bewegen flache Schüsseln, in denen sich der Schlich befindet, auf der Oberfläche des in Holzbottichen gestauten Wassers. Durch das Hin- und Herschwenken der Schale wird mit dem überfließenden Wasser das leichtere taube Gestein mit fortgerissen und reines Erz bleibt in der Schale zurück, das dann in seitlich stehenden Behältern gesammelt wird.



Ebenso wie auf diesem Bilde die Schwemmarbeit als leichtere Arbeit von den Frauen besorgt wird, dürfen wir auch vermuten, daß in prähistorischer Zeit dieser Teil der Industrie, wenigstens bei Mangel an männlichen Arbeitskräften, von Frauen besorgt wurde.



Fig. 48

Waschen von Kupfererzen in Schalen zu Beschi in Japan.

(Nach E. TREPTOW, F. WÜST und W. BOCHERS, Bergbau und Hüttenkunde,  
 Leipzig 1900, Fig. 213.)

Die Art der Aufbereitung ist bis heute, wenn man von den allermodernsten Errungenschaften, wie die elektromagnetische Aufbereitung und das Schwefelsäureölverfahren, absehen, im wesentlichen die gleiche geblieben.



## Verhüttung.

Das aufbereitete Gut wurde nun verschmolzen.

Vor dem Schmelzprozesse nimmt MUCH<sup>46)</sup> eine Erzröstung an. Er sagt:

„In weiterer Verfolgung der Bergmannsarbeit der Alten gelangen wir auf die Röstplätze. Diese sind hauptsächlich durch den spärlichen Pflanzenwuchs auffallend; die Erde auf ihnen und alle in ihr eingeschlossenen Rückstände sind von dem zerfallenen Spateisenstein rotbraun gefärbt, und hier finden sich Kohlenreste häufiger als auf den Halden oder anderwärts. Man darf daher schließen, daß eben auf diesen Plätzen die Erze zum Teil durch Kohlenfeuer, zum Teil vielleicht auch durch den in den Mitterberger Erzen stark vertretenen Schwefel wahrscheinlich in frei liegenden oder nur von Steinen einfach umstellten Haufen geröstet worden sind, um sie weiter zu zerfällen und den Schwefel wenigstens teilweise schon vor dem Schmelzen zu entfernen.“

Diesen Prozeß halte ich für unwahrscheinlich. Bis jetzt ist kein sicher belegter Röstplatz aufgedeckt worden. Die „eingeschlossenen Rückstände und der zerfallene Spateisenstein“ liegen ebenso reichhaltig auf den Scheidplätzen. Eine Röstung des Schlichs in „nur von Steinen einfach umstellten Haufen“ wäre mit großen Verlusten verbunden gewesen, viel des fein zermahlene Erzes wäre auf den Boden verstreut worden und für den eigentlichen Schmelzprozeß verloren gegangen. Eine gewisse Röstung und mit ihr auch eine teilweise Verbrennung des Schwefels hat bereits durch die Feuersetzung in der Grube stattgefunden.

Wäre das Rösten vor dem Schmelzen üblich gewesen, so müßten viele einwandfreie Röstplätze zu finden sein. Endlich ist die Verbrennung des Schwefels für den Schmelzprozeß nur förderlich. Es ist daher wohl wahrscheinlich, daß das Erz nach der Aufbereitung ohne Zwischenbehandlung direkt dem Schmelzprozesse zugeführt wurde.

Der Ofen, welcher aus Schieferplatten bestand und mit Lehm verschmiert war, mag in der Weise beschickt worden sein, daß zuerst am Boden ein Feuer entzündet und nun abwechselnd eine Schicht Erz und eine Schicht Holzkohle aufgelegt wurde. Das ausgeschmolzene Metall sammelte sich im Sumpfe des Ofens, die Schlacke wurde teils durch ein Loch abgelassen — darauf deuten die gefundenen eiszapfenähnlichen Schlackenstücke — teils nach Herausschlagen der Ofenbrustwand in zähem Zustande mit einer gespitzten Holzstange vom Metalle abgeschoben. Ich halte dafür, daß die Öfen dem Prinzip nach alle gleich konstruiert waren, nämlich daß überall das reine Metall im Ofensumpfe gesammelt wurde. Damit erscheint mir auch der Vortiegelbetrieb, wie ihn KLOSE (KT, S 32) annimmt, als wenig wahrscheinlich. Abgesehen davon, daß diese Annahme durch Funde nicht belegt werden kann, scheinen mir die Gründe, die KLOSE gegen einen einfachen Sumpfofenbetrieb annimmt, nicht stichhältig.

Sämtliche erhaltenen Gußkuchen haben annähernd die gleiche tellerartige Form, eine leichte Senkung in der Mitte, durchschnittlich 30 cm im Durchmesser, an der Unterseite sind sie rau und zeigen deutlich die Negativabdrücke von kleinen Steinchen. Wie diese gemeinsamen Merkmale veranschaulichen, wurde das flüssige Metall in einer seichten Grube gesammelt. Eine solche Grube ist der Sumpf des von KLOSE aufgedeckten Ofens. Das Bedenken KLOSES (KT, S 33), „denn sonst hätte das erstarrte Metall aus dem Sumpfe herausgestemmt werden müssen“, teile ich nicht, weil die erhaltenen Gußkuchen einwandfrei zeigen, daß sie in erkaltetem Zustande aus ihrer Form ausgebracht wurden. Es liegt demnach kein Grund vor, einen Vortiegelbetrieb anzunehmen.

Das ganze Schmelzverfahren ist sicherlich ein verhältnismäßig einfaches und leichtes gewesen, eben deshalb, weil der Schwefelgehalt des Kupferkieses die Erreichung der erforderlichen Schmelztemperatur außerordentlich begünstigte. Ein anschauliches Beispiel dafür möge ein Vorfall, von dem MUCH<sup>47)</sup> berichtet, liefern. „Man hatte dort (am Mitterberge), um überschüssigen Schwefel aus den Erzen zu entfernen, im Freien einen größeren Haufen von groben, d. i. 60 mm messenden Erzstücken auf ein Röstbett zusammengebracht und denselben bei ziemlich kalter Temperatur (Winteranfang) in Brand gesetzt. Es kamen mehrere

<sup>46)</sup> MZK, 1879, S. XXVI.

<sup>47)</sup> Kupferzeit, S. 299.



Feiertage, die Leute waren nicht am Platze, das Feuer im Haufen erhielt mehr Zug als gut war, die Erze schmolzen in den unteren Lagen zu einer sogenannten Sohle, Kupferlech und Haarkupfer enthaltend, und siehe da, in einigen tieferen Grübchen lag auch das blinkende, helle Metall. Viel Schwefelgehalt im Erze, also natürlicher Brennstoff, scharfer Zug im Rösthaufen, allenfalls noch günstige Gangart und das Kupfer schmilzt von selbst aus, ohne Ofen, ohne sonstige künstliche Vorrichtungen, ohne stete Überwachung durch erfahrene Leute und doch in einer metallischen Reinheit, die in Erstaunen setzen muß.“ Dieser Vorfall zeigt deutlich, daß reines Kupfer bei günstigen Bedingungen auf relativ einfache Art ausgeschmolzen werden kann und daß deshalb keineswegs für prähistorische Verhältnisse komplizierte Raffinierverfahren angenommen werden müssen, wenn auch gerne zugegeben wird, daß nicht jeder Schmelzgang geglückt sein wird und verwendbares Kupfer geliefert hat.

Aufschluß über die Art der Verhüttung geben uns auch die Schlacken.

KLOSE (KT, S 30, 31) unterscheidet strengflüssige und leichtflüssige Rohschlacke und Konzentrations-  
schlacke. Damit sind aber nicht alle Formen der Schlacken erschöpft; auch empfiehlt es sich, als Ein-  
teilungsgrund die äußere Form, nicht die Entstehungsursachen zu wählen, da aus jenen auf diese  
geschlossen werden kann.

1. **Schlackenklotze** (KLOSE, KT, Fig. 39). Es sind mehr oder weniger flach kegelförmige Gebilde bis 50 cm Grundflächendurchmesser und Höhe und bis 19·3 kg Gewicht. Die Mantelfläche ist meist grob-  
blasig, die Grundfläche feinblasiger. Alle zeigen eine trichterförmige Vertiefung, die von gespitzten Stangen  
herrührt. Diese Schlacken erkalteten im Ofen und wurden nach Herausschlagen der Brustwand mit Stangen  
von dem noch zähen Metall abgeschoben.

2. **Rohe Plattenschlacken** (KLOSE, KT, Fig. 40, 4). Ihre flächige Ausdehnung ist verschieden  
groß (ganze Stücke sind keine erhalten), die Höhe meist nur 2 cm, fast immer feinblasig. An der  
Unterseite finden sich vielfach Negativabdrücke von kleineren und größeren Steinen, manchmal auch von  
Holz. Sie entstanden beim Ablassen von Schlacke während des Schmelzprozesses.

3. **Röhrenförmige Schlacken**. Es sind eiszapfenähnliche Gebilde (oft hängen mehrere  
vorhangähnlich zusammen), von einem Durchmesser bis 10 cm und von verschiedener Länge. In der  
Mitte findet sich manchmal ein kleines Loch, an einer Seite sind sie meist abgeplattet. Häufig hängen  
mit ihnen nierenförmige Schlackengebilde zusammen. Sie sind fein- oder grobblasig. Entstanden sind sie  
beim Ablassen der Schlacke während des Schmelzbetriebes und erstarrten bereits an der Ofenbrustwand.<sup>48)</sup>

Da nun nicht alle Schlackenplätze Röhren- und Plattenschlacken enthalten, scheint auch nicht überall  
Schlacke abgelassen worden zu sein, während der Ofen in Betrieb stand.

Alle drei besprochenen Arten sind meist durch Schieferstücke, Sand u. dgl. mehr verunreinigt. Vielfach  
finden sich auch kleine Stücke vom Ganggestein.

4. **Homogene Plattenschlacken** (KLOSE, KT, Fig. 40, 5—16). Sie sind zu einer einheit-  
lichen, metallisch klingenden Masse verschmolzen, nur einige Millimeter dick. Sie sind auf dem Metalle  
schwimmend erstarrt.

5. **Schlackensand** (KLOSE, KT, Fig. 40, 17). Es sind kleine Stücke bis zur Größe einer Haselnuß,  
scharfkantig, die durch Zerschlagen und Zerkleinern der Schlacken der ersten drei Gruppen gewonnen wurden.  
Möglicherweise fanden sie als Schmelzzuschläge Verwendung.

Homogene Plattenschlacken und Schlackensand sind nur von einigen Schmelzplätzen bekannt.

Alle Schlacken zeigen eine mehr oder weniger stark rostbraune Farbe. Die Schlacken dürften in  
heißem Zustande mit kaltem Wasser begossen worden sein, wodurch sie leichter von ihrer Unterlage  
abzuheben waren. Aus diesem Grunde liegen wohl alle Schmelzplätze, wie schon früher bemerkt, an  
Wasserrinnsalen.

Was nun die chemische Zusammensetzung der Schlacken betrifft, seien nachfolgend die Analysen-  
resultate von Proben verschiedener Schlackengattungen gegeben.

<sup>48)</sup> Solche Schlacken sind im MCA nicht enthalten.



Tabelle I.

Laufende Nummer	Schmelzplatz und Schlackenart	In Prozenten			Analysator
		Kupfer	Kieselsäure	Eisen (einschließlich der Verunreinigung mit Aluminium und Mangan)	
1	Schmelzplatz 13. Schlackenklotz . . . . .	1·10	20·02	52·08	Hütte Außerfelden
2	Schmelzplatz 13. Rohe Plattenschlacke . . . . .	—	32·52	38·88	„ „
3	Schmelzplatz 26. Röhrenschlacke . . . . .	—	20·93	54·25	Dr. B. Schadler, Wien <sup>49)</sup>
4	Schmelzplatz 26. Röhrenschlacke mit nierenförmigem Schmelzgebilde . .	—	20·16	54·74	„ „
5	Schmelzplatz 10. Knollige Stücke mit großen Hohlräumen . . . . .	—	60·56	24·50	„ „
6	Schmelzplatz 6. Homogene Plattenschlacke . .	—	42·69	37·82	„ „
7	Schmelzplatz 26. Schlackensand . . . . .	—	40·21	39·62	„ „

Auffallend ist vorerst das Fehlen von Kupfer bei sämtlichen Analysen mit Ausnahme von 1. Es ist natürlich keineswegs anzunehmen, daß der Verhüttungsprozeß der Alten so vollkommen war, daß sich gar kein Kupfer in die Schlacke bildete; im Gegenteil ist es wahrscheinlich, daß sich durch starke Oxydation das Kupfer als Oxydul in die Schlacke bildete und jenes mit der Zeit ausgelaugt wurde. Bei Analyse 1 (Probe aus dem Inneren eines großen Schlackenklotzes) hat wahrscheinlich der Auslaugungsprozeß nicht so tief gegriffen, wodurch sich Kupfer erhielt. Der hohe Eisengehalt erklärt sich durch den Spateisenstein, der den Erzgang begleitet, und der Kieselsäuregehalt durch den Quarz, in welchem der Erzgang liegt.

Die starken Schwankungen, die die Proben im Eisen- und Kieselsäuregehalt aufweisen, sind nicht beunruhigend, wenn man bedenkt, daß die Aufbereitung der Erze doch vielfach verschiedenartig gut war

<sup>49)</sup> „Von jedem Schlackenstücke wurden von den verschiedensten Stellen kleine Stückchen abgesprengt, um ein möglichst einwandfreies Durchschnittsmuster als Analysenmaterial zu haben. Dieses wurde zuerst im Eisenmörser zerstoßen, dann in einer Achatreibschale aufs feinste gepulvert.

Sämtliche Schlacken erwiesen sich als durch Säuren nicht zersetzbar und mußten aufgeschlossen werden. Dies geschah

durch Schmelzen mit Kalium-Natriumkarbonat im Platintiegel. Die erkaltete Schmelze aller Schlacken war grün gefärbt, besonders stark bei 3 und 4; daraus ist auf nicht geringen Mangangehalt zu schließen.

Es wurde nun zunächst die Kieselsäure durch zweimaliges Eindampfen zur Staubtrockene abgeschieden; aus dem Filtrat wurde Fe, Al und Mn zusammen ausgefällt. Die Filtrate von der Fällung der letzteren waren vollkommen klar und farblos.“

und die Auslaugung im Laufe der fast 3000 Jahre in der chemischen Zusammensetzung der Schlacken sicherlich eine wichtige Rolle gespielt hat. Besonders ist hier auf den Eisengehalt Rücksicht zu nehmen, da die Eisen-Sauerstoff-Verbindungen sich im Wasser relativ leicht lösen und durch die Auslaugung von Eisen naturgemäß der Kieselsäuregehalt steigen muß. Es wird daher heute eine Schlacke, die an der Oberfläche stark den Regengüssen und den Einwirkungen der Atmosphärien ausgesetzt war, gegenüber ihrer ursprünglichen Zusammensetzung ein nicht unbedeutendes prozentuelles Minus an Eisenverbindungen und ein verhältnismäßiges Plus an Kieselsäuregehalt zeigen, während die jetzige Zusammensetzung einer geschützt gelegenen Schlacke sich mehr ihrer ursprünglichen nähern wird. Dies ist wichtig, da trotz der jetzigen, ziemlich stark verschiedenen Zusammensetzungen nicht sicher die Verwendung von Schmelzzuschlägen resultiert.

Tabelle II.<sup>50)</sup>

Laufende Nummer	Gegenstand	Kupfer	Eisen	Nickel	Blei	Schwefel	Schlacke	Analy- sator	Literatur
		in Prozenten							
1	Gußfladen [1412] . . . . .	94·18	2·53	0·74	} Quantitativ nicht berücksichtigt	1·74	0·23	} Verfasser	
2	Gußfladen [1720] . . . . .	97·54	0·32	Spuren		0·99	0·94		
3	Gußfladen [1721] . . . . .	97·91	0·57	Spuren		0·97	—		
4	Gußfladen [1408] . . . . .	96·54	0·89	0·34		1·48	0·51		
5	Gußfladen [1414] . . . . .	97·14	1·42	0·57		0·36	Spuren		
6	Reinkupfer, aus den Schlack- kentrümmern aufgelesen .	98·46	—	—	—	0·09	0·44	Soma- ruga	MUCH, Kupfer- zeit, S. 266
7	Kupfer, durch eigenen Brenn- stoff ausgeschmolzen . .	97·02	Spuren	1·55	Spuren	0·79	Spuren	Soma- ruga	MUCH, Kupfer- zeit, S. 299
8	Kupfer, modern gewonnen <sup>51)</sup>	98·889	0·007	0·473	0·014	—	—	Bergw.- Ges.	MUCH, Kupfer- zeit, S. 266

Das ausgebrachte Schmelzprodukt ist, wie vorstehende Tabelle zeigt, nicht allzusehr mit Verunreinigungen behaftet. Auf dem Mitterberge waren bis 1860 Krummöfen im Betriebe, die nach Mitteilung J. PIRCHLS im ersten Schmelzgang einen Kupferstein mit 30—40% Kupfer, im zweiten einen solchen mit ungefähr 65% und im dritten Schwarzkupfer mit 95—96% Kupfer ergaben. Daraufhin müsste man wohl annehmen, daß auch in prähistorischer Zeit wenigstens drei Schmelzgänge nötig gewesen wären. Nun wissen wir aber, daß unter günstigen Verhältnissen schon der erste Schmelzgang durch eigenen Brennstoff ausgeschmolzenes Schmelzgut von 97·02% Kupfer liefern kann, daß nur die allerreichsten Mittel von den Alten abgebaut wurden und ihre Aufbereitungsarbeit eine recht gute war. Demnach war das aufgegebene

<sup>50)</sup> Nach KYRLE, MWAG, 1912, S. 202, Tabelle II.

<sup>51)</sup> Ferner enthält dieses Kupfer noch: Antimon 0·057%, Arsen 0·404%, Silber 0·007%, Sauerstoff 0·143%.



Schmelzgang an und für sich schon viel mehr angereichert als heute, so daß sicherlich der erste Schmelzgang einen Kupferstein mit viel höherem Kupfergehalt geliefert hat als die Krummöfen. Auch das relativ spärliche Vorkommen von homogener Plattenschlacke — eine solche kann sich nur bei einem Rektifizierungsprozesse bilden — spricht gegen ein allgemein geübtes Raffinierverfahren.

Wenn auch nicht behauptet werden soll, der erste Schmelzgang habe stets zum Ziele geführt, so erscheint es nach unseren derzeitigen Kenntnissen an Funden doch höchstwahrscheinlich, daß nur in sehr beschränktem Maße ein Raffinierverfahren geübt wurde, offenbar dann, wenn infolge schlechter Gangart, schlechter Aufbereitung uam. das erhaltene Kupfer nicht rein genug ausgebracht wurde. Dieser Raffinierprozeß kann aber auch nur in einem abermaligen Schmelzen des Kupfersteines in primitiven Öfen bestanden haben, denn für eine Konzentrationsschmelze in Tiegeln sind weder durch Funde noch durch Fundverhältnisse Belege beizubringen.

### Versuch einer Errechnung der ausgebrachten Kupfermengen.<sup>52)</sup>

Wie schon die Überschrift dieses Absatzes besagt, kann es sich hier nur um einen rechnerischen Versuch handeln. Die Prämissen der Berechnung enthalten so große Fehlerquellen, daß die vorgebrachten Daten mehr als Zahlenordnungen, denn als eigentliche Zahlen aufzufassen sind. Bei diesem Versuche kommt ernstlich wohl nur das Abbaufeld vom Mitterberge in Betracht, da dieses gut studiert und durch den modernen Bergbau bereits vollständig durchfahren ist. Deshalb kann für die Gesamtausbringung von Kupfer aus allen Bergwerken im Kronlande nur das Resultat vom Mitterberge als Grundlage dienen.

Zur Errechnung der ausgebrachten Kupfermengen kann man auf zwei voneinander vollständig unabhängigen Wegen gelangen, nämlich durch Berechnung der Kubatur- und Substanzziffer und durch Errechnung des Kupfers aus den vorhandenen Schlacken.

#### a) Kubatur- und Substanzziffer.

Wir haben auf Seite 3 gesehen, daß die angefahrene Gangfläche rund  $65.000 m^2$  beträgt. Es ist die Fläche, die einerseits von der Taglinie, andererseits von der unteren Grenze der Abbaue eingeschlossen wird. Davon wurden aber nur höchstens 10% wirklich abgebaut. Schätzungsweise 90% blieben stehen, da 1. wegen des Feuersetzens die Felder nicht zu hoch aufgebrochen werden durften, 2. die Grubenfelder infolge der Einsturzgefahr nicht allzu groß angelegt werden durften, 3. die tauben und unabbauwürdigen Mittel stehen blieben, 4. in der Verwitterungszone, bis auf eine Tiefe von mehr als 5 m, überhaupt der Gang nicht abgebaut wurde. Die Gangmächtigkeit ist durchschnittlich 1,5 m, woraus sich  $9.750 m^3$  anstehendes Hauwerk ergibt. Das Volumen mit dem spezifischen Gewichte 2,7 multipliziert ergibt rund 26.000 t Hauwerk, das mit 3% Kupfergehalt angenommen werden kann; somit 780 t Kupfer.

Davon ist abzurechnen:

1. 25% Abbauverlust (20—25% modern). Er wird sich mit den modernen annähernd gleich hoch stehen, da im jetzigen Betriebe durch den Schuß viel verloren geht, während in prähistorischer Zeit infolge des schlechten Lichtes die Kuttung mangelhaft gewesen sein dürfte.

2. 30% Aufbereitungsverlust (15—20% modern). Dieser Verlust ist im modernen Betriebe sicherlich viel niedriger anzuschlagen, da die Alten infolge der primitiven Verhüttung viel stärker anreichern mußten; verringert wurde er teilweise wieder dadurch, daß nur sehr reiche Erze abgebaut wurden.

3. 20% Hüttenverlust (modern viel geringer). Dieser setzt sich vorwiegend aus dem Lösungsverluste in die Schlacke und aus dem Flugstaubverlust zusammen.

<sup>52)</sup> G. KYRLE, „Versuch einer Errechnung der ausgebrachten Metallmengen aus den prähistorischen Kupfergruben in Salzburg“. Vortrag, gehalten auf der Versammlung

Deutscher Naturforscher und Ärzte, Wien, 25. September 1913; Referat darüber Montanistische Rundschau, 1914, Nr. 3, S. 63/64.



Führen wir nun nach dieser Kritik der Zahlen die Rechnung durch.

Aufgefahrene Gangfläche	=	65.000 $m^2$
davon 10% abgebaut	=	6.500 $m^2$
× 1.5 Gangstärke		
× 2.7 spezifisches Gewicht		
somit aufgefahrener Hauwerk	=	2.6000 $t$
davon 3% Kupfer	=	780 $t$
— 25% Abbauverlust	=	585 $t$
— 30% Aufbereitungsverlust	=	410 $t$
— 20% Verhüttungsverlust	=	328 $t$ ausgebrachtes Kupfer.

Aus dieser Rechnung ergeben sich also rund 300  $t$  ausgebrachtes Kupfer.

### b) Errechnung aus den vorhandenen Schlacken.

Die Schlacken liegen auf den Halden der Schmelzplätze annähernd in einer kontinuierlichen Schichte, d. h. die erhaltenen Schlacken würden, in entsprechende Lage gebracht, die ganze Fläche der Halde bedecken. Dadurch kann man bei Errechnung des durchschnittlichen Gewichtes eines Quadratmeters Schlacke und der durchschnittlichen Größe der Schlackenplätze die gesamte, erhaltene Schlackenmenge annähernd schätzen.

1  $m^2$  Plattenschlacke wiegt rund 125  $kg$ . Da jedoch nicht nur Plattenschlacke, sondern auch Schlackenklötze in Betracht gezogen werden müssen, letztere aber infolge ihrer größeren Höhe auch ein größeres Quadratmetergewicht haben, muß das durchschnittliche Quadratmetergewicht auf 150  $kg$  erhöht werden.

Die vier vollständig untersuchten Schmelzplätze haben folgende Flächenausdehnung:

Schmelzplatz 8 . . . . .	114 $m^2$ ,
„ 6 . . . . .	96 „
„ 13 . . . . .	34 „
„ 10 . . . . .	264 „
Summe . . . . .	508 $m^2$ .

Daraus ergibt sich als Durchschnitt für einen Schmelzplatz 125  $m^2$ . Multipliziert man nun mit 26 (der Anzahl der bekannten Schmelzplätze), so erhält man die schätzungsweise Ausdehnung sämtlicher Schlackenhalde und damit auch nach dem vorher Gesagten die Flächenausdehnung der Schlacken. Diese Zahl ist nun mit dem Quadratmetergewicht der Schlacke (150  $kg$ ) zu multiplizieren und ergibt ein Gesamtgewicht der Schlacke von 487  $t$ . Somit ist am Mitterberge annähernd 500  $t$  Schlacke vorhanden.

Es wurde schon früher anlässlich der Besprechung des Schmelzprozesses ausgeführt, daß der Schlackenklötz den größten Teil der Schlacke und der Gußkuchen das gesamte ausgebrachte Metall einer Ofenbeschickung enthält. Bei dieser Voraussetzung kann unter Verwendung der Verhältniszahl zwischen Schlackenklötz und Gußkuchen aus der gesamten Schlackenmenge das gesamte erschmolzene Kupfer berechnet werden.

Die sechs erhaltenen Schlackenklötze haben folgende Gewichte: 13.400, 15.900, 21.800, 25.000, 12.600, 14.300  $kg$ . Daraus ergibt sich als Durchschnitt 18.500  $kg$ . Diese Zahl kann auf 20.000  $kg$  aufgerundet werden, da manche Stücke von den Klötzen weggebrochen sind, wohl auch Partien der Schlacken an den Ofenwänden haften blieben usw.

Die erhaltenen Gußkuchen wiegen 3.600, 2.900, 4.000, 3.350, 10.600, 5.700  $kg$ , somit ein Gußkuchen durchschnittlich 5.000  $kg$ .

Demnach stellt sich das Verhältnis von Schlacke zu Kupfer wie 4 : 1.

Die Probe, ob diese Verhältniszahl verwendbar ist, gibt die Berechnung über die Anreicherung des aufgegebenen Schmelzgutes.



Die Beschickung des Ofens besteht aus Schlacke + Kupfer + flüchtige Bestandteile (hauptsächlich Kohlendioxyd und Schwefel). Die letzteren betragen bei 5 kg Kupfer annähernd 9 kg. Somit wog das Schmelzgut für eine Beschickung 34 kg (20 kg Schlacke + 5 kg Kupfer + 9 kg flüchtige Substanzen), was einer Anreicherung von rund 15% entspricht. Dieser Prozentgehalt an Kupfer ist nicht nur möglich, sondern auch wahrscheinlich, wodurch das oben errechnete Verhältnis von Schlacke zu Kupfer ebenfalls den Tatsachen sehr nahe kommen dürfte.

Da nun die gesamte Schlackenmenge mit rund 500 t berechnet wurde, ergibt sich daraus die erschmolzene Kupfermenge mit 125 t.

Die beiden gefundenen Endwerte, 300 t und 125 t, stimmen auf den ersten Blick wenig, unter Berücksichtigung der großen Fehlerquellen aber gut überein. Dazu kommt noch, daß der letzte Wert wohl sicherlich zu nieder ist, da kaum alle Schlacke erhalten geblieben ist und uns kaum alle Schlackenplätze auch schon bekannt sind.

Demnach werden wir für den Mitterberg 125 t als Minimalwert und 300 t als Maximalwert anzunehmen haben. Das Mittel der beiden Werte würde näherungsweise eine Gesamtausbringung von 150—200 t ergeben.<sup>53)</sup>

Für eine ähnliche Berechnung der anderen Bergwerke fehlt jede Grundlage. Wir kennen weder die aufgefahrene Gangfläche noch sind wir im entferntesten über die Anzahl der Schmelzplätze orientiert. Soweit sich aber aus der Ausdehnung und Anzahl der Pingen schließen läßt, darf man annehmen, daß aus den Abbauen am Einödberge, am Buchberg-Hochgründeck und bei Viehhofen — Stuhlfelden ist gar nicht untersucht — zusammen vielleicht ebensoviel, kaum aber mehr als aus denen am Mitterberge ausgebracht wurde.

Unter dieser Annahme wäre mit einer Gesamtausbringung von 300—400 t Kupfer in den bis jetzt bekannten Bergwerken des Kronlandes zu rechnen.

### Zeitliche Stellung.

Über die zeitliche Stellung des Mitterberges ist bereits ausführlich abgehandelt worden.<sup>54)</sup>

Es wurde dort gezeigt, daß für einen kupferzeitlichen Bergbau keine Beweise vorliegen, vielmehr alle Funde auf das Ende der Bronzezeit und den Beginn der Hallstattperiode verweisen.

Diese Annahme hat die nunmehrige endgültige Bearbeitung des gesamten salzburgischen Fundmaterials erwiesen. Abgesehen von den datierbaren Funden des Mitterberges selbst (mittel- und endständigen Lappenäxten, gerillter Kugelkopfnadel, Düllenpickeln und den spätbronzezeitlichen Keramikfunden von den Schmelzplätzen) und den schon 1912 von mir vorgebrachten Argumenten, spricht auch der starke Unterschied in der Besiedlung des Kronlandes zwischen den ersten drei Stufen und der letzten Stufe der Bronzezeit deutlich für das Vorhandensein eines Industriezentrums im gebirgigen Teile des Landes.

Die Summe der Streufunde — andere Funde fehlen vollständig — in den ersten drei Stufen beträgt 12, dagegen die Streufunde der letzten Bronzezeit 33, wozu noch 3 Depotfunde und 1 Höhengsiedlung kommen. Bemerkt sei noch, daß unter den provenienzlosen Funden im MCA, die wohl zum größten Teile dem Kronlande entstammen, sich nur 1 Randaxt und 1 Absatzaxt gegen 8 mittelständige Lappenäxte finden. Auch die horizontale und vertikale Verbreitung der endbronzezeitlichen Funde ist nur durch die Kupferbergbaue zu erklären.

Haben wir im Zusammenhalte mit dem Vorstehenden für den Mitterberg, der das am besten durchforschte Bergwerk in den salzburg-tirolischen Alpen ist, einen sicheren terminus a quo und durch das vollständige Fehlen von Eisen auch einen solchen ad quem erhalten, so ergibt sich auch für die anderen

<sup>53)</sup> J. PIRCHL („Zur Geschichte des Mitterberger Kupferbergbaues.“ Montanistische Zeitschrift, 1914, Nr. 10, S. 313) hat die ausgebrachte Kupfermenge vom Mitterberge mit 2400 Tonnen berechnet, wobei er die gesamte angefahrene Gangfläche als abgebaut annahm. Wenn man aber bei der Berechnung PIRCHLS auch nur 10% der angefahrenen Gang-

fläche als abgebaut annimmt, kommt man zu 240 t ausgebrachten Kupfer, einem mit meinem Resultate ganz verträglichen Werte.

<sup>54)</sup> G. KYRLE, Die zeitliche Stellung der prähistorischen Kupfergruben auf dem Mitterberge bei Bischofshofen. MWAG, 1912, S. 196—207.



Kupfergruben, soweit ihre derzeitigen Aufschlüsse vermitteln, dieselbe zeitliche Stellung. Für die auf dem Einödsberge und bei Viehhofen ist dies ohnweiters durch die vollständige Gleichartigkeit der dort gefundenen Relikte und der Abbaumethode zu erweisen. Der Bergbau auf dem Buchberge ist durch den Streufund einer fast endständigen Lappenaxt nahe einer Pingel und der von Stuhlfelden durch eine mittelständige Lappenaxt datiert.

Was nun die tirolischen Bergwerke der Vorgeschichte betrifft, die wegen ihrer Nachbarschaft auch in den Kreis dieser Betrachtungen eingezogen werden müssen, so hat O. MENGHIN<sup>55)</sup> wertvolles Material gesammelt. Hier sind in erster Linie die Kelchalpe und der Schattberg bei Kitzbühel zu nennen, deren Funde, soweit sie durch MUCH bekannt sind, die Gleichzeitigkeit mit dem Mitterberge verbürgen. Ebenso scheint das Bergwerk bei Schwaz<sup>56)</sup> durch die Aufdeckung eines Urnenfeldes der beginnenden Hallstattzeit und das in Südtirol liegende von Prettau im Arntale durch den Fund einer Lappenaxt<sup>57)</sup> zeitlich sehr nahe den Kupfergruben in Salzburg zu stehen.

Alle ausgesprochenen Bergwerksfunde oder Funde, die mit dem Betriebe in mehr oder weniger wahrscheinlichem Zusammenhange stehen, verweisen auf das Ende der Bronze- und den Beginn der Hallstattzeit. Es ergibt sich daraus wohl mit hoher Wahrscheinlichkeit, besonders unter Berücksichtigung der siedlungsgeographischen Verhältnisse dieser Zeit, daß in den salzburgisch-tirolischen Alpen in dieser Zeit — und nur in dieser Zeit — große Mengen Erz abgebaut wurden.

MENGHIN<sup>58)</sup> hat in einer Diskussionsbemerkung zu meinem Vortrage geglaubt, daß eine Altersherabsetzung der Kupferbergbaue in den Alpen, auch wenn der Mitterberg sich jünger erweisen sollte, nicht früher vorgenommen werden kann, bevor die Annahme MONTELIUS',<sup>59)</sup> das älteste nordische Kupfer stamme aus Österreich, da es Nickelkupfer ist, und die Tatsache, daß in der Tischoferhöhle bei Kufstein in Tirol zur Zeit der reinen, gegossenen Flachhäxte Kupfer verhüttet und verarbeitet wurde, „widerlegt oder in anderer Weise ausgedeutet werden kann“.

Was nun das erste Argument betrifft, so hat MENGHIN<sup>60)</sup> selbst es entkräftet; als er nämlich erfuhr, daß es auch in Zypern Nickelkupfergegenstände gibt, erklärte er, „es werde niemandem einfallen zu behaupten, daß man in Zypern Mitterberger Kupfer eingeführt hat“. Aber ganz abgesehen davon ist die Annahme MONTELIUS' nicht zu halten, selbst wenn man eine altbronzezeitliche Erzlese in den Alpen annimmt. Ein Export wird in der Regel nur dann stattfinden, wenn im Lande das Gesamterzeugnis nicht verbraucht werden kann. Da aber durch eine Erzlese nur eine sehr geringe Menge von Kupfer erzeugt werden konnte, jedoch der Beginn eines industriemäßigen Bergbaues — nur ein solcher konnte exportieren — nicht vor die letzte Stufe der Bronzezeit angesetzt werden kann, ist es unmöglich, daß das älteste nordische Kupfer salzburgisch-tirolischer Provenienz ist.

Was nun die Tatsache anbelangt, daß sich in der Tischoferhöhle mit altbronzezeitlichen Objekten Schlackenstücke und Kupfererze gefunden haben, so muß hervorgehoben werden, daß diese Relikte nicht allzu zahlreich sind. Die Funde von Gußkupfer, Gußtrichtern und Gußformen sind für die nachfolgenden Überlegungen auszuschalten, da sie nicht von einer Erzverhüttung, sondern von einem Metallguße stammen und letzterer, wie ja zahlreiche anderwärts gemachte Funde lehren, vollständig unabhängig von ersterem stattfinden kann. Damit bleibt als Beweis für einen eventuellen Verhüttungsprozeß nur Erz und Schlacke übrig.

Die Erzbrocken sind nach SCHLOSSER<sup>61)</sup> Malachit und Kupferlasur, relativ kupferarme Erze, wie sie in der Gegend von Rattenberg und Schwaz vorkommen. Wenn man nun bedenkt, daß in der Tischoferhöhle nur geringe Mengen von Erz, die nebenbei kupferarm waren, gefunden wurden und daß irgendwelche

<sup>55)</sup> Archäologie der jüngeren Steinzeit Tirols. JfA, 1912, S. 54—59.

<sup>56)</sup> MENGHIN, ebd., S. 58. „Seit dem Kronprinzenwerke (WIESER) ist zu Schwaz noch ein zweites Urnenfeld der Hallstattzeit aufgedeckt worden.“

<sup>57)</sup> MENGHIN, ebd.

<sup>58)</sup> MWAG, 1912, S. 108.

<sup>59)</sup> Chronologie der älteren Bronzezeit, S. 92.

<sup>60)</sup> JfA, 1912, S. 90.

<sup>61)</sup> Die Bären- oder Tischoferhöhle im Kaisertal bei Kufstein, S. 476. Abhandlungen der königl. bayrischen Akademie der Wissenschaften, München 1909, II. Kl., Bd. XXIV, II. Abt.



Erscheinungen, die auf einen, wenn auch außerordentlich primitiven und kleinen Schmelzofen schließen ließen, nicht konstatiert werden konnten, und wenn man festhält, daß das Ausbringen von Reinkupfer aus Malachit und Kupferlasur, besonders wenn es sich um arme Erze handelt, viel schwieriger und komplizierter ist als die Verhüttung von reichem Kupferkies, so gewinnt man die Überzeugung, daß es sich in der Tischoferhöhle kaum um einen Verhüttungsprozeß, sondern nur um einen Gußprozeß gedreht haben dürfte. Die Schlacken sprechen nicht gegen diese Auffassung, weil wir auch aus anderen Gußwerkstätten, wo sicherlich kein Erz verhüttet wurde, z. B. auf dem Rauhenegg bei Baden,<sup>62)</sup> ebenfalls Schlacken kennen, die sich beim Gußprozesse gebildet haben. Bleibt man bei dieser Erklärung, so sind die Erzstücke als Raritäten ohne Gebrauchswert zu interpretieren, die nur ob ihres seltenen Vorkommens und eigenartigen Aussehens (ähnlich wie im Mondsee Bergkristall, Sternkorallenkalk, Schwefel-Glimmerkies usw., in der Tischoferhöhle selbst ein Lapis lazuli) gesammelt wurden.

Im Vorhergehenden hoffe ich dargetan zu haben, daß eine Erzverhüttung in der Tischoferhöhle wohl nicht sicher stattgefunden hat. Selbst wenn sich aber eine solche erweisen ließe, verschlägt sie nichts gegen die bronzezeitliche Datierung der Bergwerke. In der Tischoferhöhle könnte es sich nur um ganz bescheidene Anfänge von Erzlese, nicht aber um die Vorstufe eines bergmännischen Abbaues von Erzen handeln. Diese Erzlese könnte auch nur eine begrenzte Verbreitung gehabt haben; wäre sie weiter bekannt gewesen, so müßten doch diesbezügliche Funde z. B. aus den Pfahlbauten der oberösterreichischen Alpenseen vorhanden sein.

Diese Erzlese, vorausgesetzt daß eine solche überhaupt sicher zu erweisen wäre, ist aber nicht etwa als Vorläufer des Bergbaues anzusehen oder so auszulegen, daß sich allmählich, gewissermaßen schrittweise, der Erzbergbau aus ihr entwickelt hätte, sondern der Bergbau beginnt ohne sichtliche Vorstufen, wird einige Zeit äußerst intensiv betrieben und erlischt, ohne irgendwie auszuklingen.

Daß die Bergwerke der einzelnen Lokalitäten nicht nacheinander, sondern gleichzeitig betrieben wurden, ergibt sich, abgesehen von den gleichaltrigen Funden, aus der Tatsache, daß nirgends der Erzgang erschöpft ist, vielmehr, wie die modernen Abbaue zeigen, sehr reiche Mittel auch in mäßiger Tiefe stehen geblieben sind. Auch in den einzelnen Bergwerken zeigen die Funde keine Entwicklung; die Methoden des Abbaues, der Förderung, der Aufbereitung und Verhüttung sind immer dieselben, und wie wir an dem westlichen Ende der alten Verhaue auf dem Mitterberge endbronzezeitliche Objekte finden, ebenso finden wir solche auch am östlichen Beginne. Aus diesen Erscheinungen geht hervor, daß sich die Technik des Bergbaues nicht autochthon entwickelt hat, sondern nach der Entdeckung der Erzlagerstätten in den Ostalpen von erfahrenen und kundigen Bergleuten begonnen wurde. Es muß in dieser Zeit eine außerordentliche Nachfrage nach Kupfer gewesen sein, und so kommt es, daß mehrere Bergwerke zu gleicher Zeit abgebaut wurden: die salzburgisch-tirolischen Alpen dürften in der letzten Bronze- und ersten Hallstattzeit wohl den größten Teil von Europa mit Kupfer versorgt haben.

Gegen Ende der älteren Hallstattzeit konnte die edle und teure Bronze mit dem in viel größeren Massen produzierten Eisen nicht mehr konkurrieren; daher scheint der Kupferbergbau in den Alpen aufgegeben worden zu sein. Die Annahme, die Bergleute wurden durch fremde Völker vertrieben, scheint mir weniger wahrscheinlich, da ja der Salzbergbau, der in seinem Beginne zeitlich dem Kupferbergbau sehr nahe steht, bis in die römische Zeit hinein ununterbrochen betrieben wurde.

### Zusammenfassung.

Zusammenfassend können wir über den Betrieb der prähistorischen Kupfergruben im Kronlande Salzburg teils im Anschlusse an schon Bekanntes, teils in Abänderung desselben folgendes sagen:

1. Der Vortrieb geschah nach Abräumung der oberen tauben Schichten in tonlägigen Schächten, deren Anlage bedingt ist durch die Befahrbarkeit und Wetterführung.
2. Im Abbaufelde wurde das Gestein durch Feuersetzen losgebrochen und roh gekuttet. Die Sohle der Abbaufelder steigt wegen der Versorgung des Grubenwassers und besserer Wetterführung leicht zum Orte.

<sup>62)</sup> Funde im Kaiser-Franz-Josefs-Museum der niederösterreichischen Landesfreunde in Baden.



3. Das Hauwerk wurde am Tage durch Zerkleinern und mit Schwemmarbeit aufbereitet.
4. Der erste Schmelzprozeß hat wohl in den meisten Fällen verwendbares Kupfer ergeben. Röstung und Tiegelraffiniervverfahren sind nicht nachzuweisen.
5. Die ausgebrachte Metallmenge ist für den Mitterberg auf etwa 200 *t*, für ganz Salzburg auf 300—400 *t* zu schätzen.
6. Der Bergbau von Mitterberg und somit auch der der anderen Lokalitäten fällt in die letzte Bronze- und den Beginn der Hallstattzeit. Er dürfte nicht über 300 Jahre gedauert haben.

## Auf Salz.<sup>63)</sup>

### Dürrenberg bei Hallein.

Im staatlichen Salzbergwerke auf dem Dürrenberg bei Hallein wurden durch den modernen Bergbau eine Reihe vorhistorischer Grubenfelder angefahren, die uns einen guten Einblick in die Abbaumethode der Alten gewähren.

#### A. Abbaufeld und Funde.

##### 1. Heidengebirge.

Als Beweis der Tätigkeit der Alten ist uns das Heidengebirge erhalten. Es ist ein regeneriertes Haselgebirge. Durch die Regenerierungsfähigkeit des Salzgebirges wachsen nämlich untertägige Hohlräume und somit auch die Stollen, Schächte und Grubenfelder wieder vollständig zusammen und nur der Schlamm der Sohle bleibt als mehr oder minder starke Schichte erhalten.

Diese Schlammsschichten nun, welche die verschiedenartigen Relikte der alten Bergleute, so insbesondere unbrauchbar gewordene Werkzeugstiele und Leuchtspäne, einschließen, bilden das eigentliche Heidengebirge. Es wird durch die modernen Stollen aufgeschlossen.

Die Fig. 49, 50, 51 geben eine Vorstellung, wie eingeschlossene Relikte im Heidengebirge liegen, der Plan Fig. 52, wie das Heidengebirge an den Ulmen der modernen Stollen sichtbar ist.

In der Ferroschachtricht (Fig. 52), 76 *m* von der Abzweigung der Stabererschachtricht, fällt das Heidengebirge am Himmel der rechten<sup>64)</sup> Ulme bei *m* 4 ein, nachdem es bei *m* 2 bereits ein kleines Nest gebildet hat. Es streicht dann, eine größere Mächtigkeit erlangend, bis *m* 10, wo es sich in zwei Zungen teilt und oben von einem zweiten Arm durch eine dünne Haselgebirgsschicht getrennt ist.

An den analogen Stellen der linken Ulme fällt es schon früher mit starker Mächtigkeit ein, vermindert sie dann und sinkt allmählich bei *m* 16 unter die Sohle der Ferroschachtricht. Unterhalb dieser setzt es sich offenbar fort und wird bei *m* 22 an der rechten Ulme wieder unten sichtbar, um bei *m* 27 eine Stärke von über 2 *m* zu erhalten. Nach dieser Stelle senkt es sich wieder, verschwindet bei *m* 33 unterhalb der Sohle, setzt sich dort fort, erscheint mit aufsteigender Tendenz bei *m* 39 und verschwindet bei *m* 54 im Himmel der Schachtricht, wo es sich offenbar oberhalb derselben fortzieht. Bei *m* 69 fällt dann das Ende in die Ulme ein.

<sup>63)</sup> Nach G. KYRLE „Der prähistorische Salzbergbau am Dürrenberg bei Hallein“, JfA, 1913, S. 1—58. Vervollständigt, insbesondere in bezug auf die Gewebefunde.

<sup>64)</sup> Im Sinne des Beobachters, der, auf der Ferroschachtricht stehend, die Stabererschachtricht rechts liegen läßt.