

Hüttenprozesse in der Walchen*

Peter Paschen, Leoben, und Jörg Wallner, Brixlegg

1. Einleitung

Von Öblarn im Ennstal nach Südosten zieht sich das Walchen-Tal in die Rottenmanner Tauern. Die Schmelzhütte liegt etwa 5 km von Öblarn entfernt auf einer Meereshöhe von knapp 1000 m. Der Bergbau in der Walchen geht wahrscheinlich bis 1469 zurück, es wurden in der 1565 neu errichteten Schmelzhütte auch Schladminger Bleierze mit verarbeitet. Die Erzlager hatten im Wesentlichen folgende Mineralien: Tonminerale, Glimmer, Tonschiefer, Glimmerschiefer, Schwefelkies, also wasserhaltige Aluminiumsilikate mit Aluminium, Eisen und Magnesium als Metallkomponenten sowie Eisen- und Kupfersulfide mit Nickel, Kobalt, Arsen, silberhaltiges Fahlerz, Antimonit, Bleiglanz, letztlich als Durchmischung mit kupfer-, silber- und goldhaltigen Mineralen. Auch Chlorite werden erwähnt. Wertmetalle waren Kupfer und Silber; die Maximalgehalte waren ursprünglich 4 % Cu und 250 g/t Ag. Diese Gehalte gingen im späteren Verlauf auf 2,5 % und sogar ~ 1 % und auf 80 bis 100 g/t Ag zurück.

Die damaligen Preise für Kupfer und Silber sind auf die heutige Zeit nicht sinnvoll umrechenbar, wohl aber das Verhältnis. 1858 war dieses Verhältnis 1:160, im Jahr 2004 nur noch 1:68.

Im heutigen Vortrag wird über die Verhüttung dieser Erze in der Zeit von 1666 bis 1802 berichtet, also über 136 Jahre eines durchgehenden Betriebes. 1666 war das Jahr der Übernahme der Anlagen durch Johann (Hans) Adam Stampfer. Nach einem Konkurs arbeitete die Schmelzhütte noch einmal von 1821 bis 1858 unter Ritter von Friedau, aber selbst nach damaligen Verhältnissen schon nicht mehr wirtschaftlich, jedoch erst 100 Jahre später, 1958, erfolgt die endgültige Auflassung.

2. Der Verhüttungsvorgang

2.1 Übersicht

In dem bearbeiteten Schrifttum sind keine Angaben über Aufbereitungs- und damit Anreicherungsverfahren enthalten. Bei 4 % Cu enthaltender Erzmischung mussten also pro Tonne Fertigungskupfer 25 t Material durch die Verhüttung geschleust werden, bei 1 % Cu sogar 100 t. Hinzu kamen die Torf- und Holzkohlemengen zum Heizen, Schmelzen und Reduzieren sowie Schlackenzusätze wie Quarz oder Kalkspat. Der Schwefel der Erze wurde zu Schwefeldioxid verbrannt, aber teilweise auch als Schwefel oder Kupfervitriol gewonnen und verkauft.

Der eigentlichen Schmelzhütte ging also das Rösten (oder „Brennen“) der Erze voraus, wobei neben dem Schwefel auch flüchtige Metalle und Verbindungen entfernt wurden (Wasser, Kohlensäure, Bitumen, Arsen). Da der nächste Schritt in der Kupferverhüttung die Erzeugung eines „Steins“ ist (also Kupfer-Eisen-Sulfid), darf die Schwefelentfernung beim Röstvorgang nur teilweise erfolgen. Nach unseren heutigen Maßstäben muss das Schwefel:Kupfer-Verhältnis von etwa 1,6 auf 1,0 erniedrigt werden. Das wird damals nicht grundsätzlich anders gewesen sein.

Es schließt sich die sog. Rohschmelzung an, das vorgeröstete Erze wird mit schlackebildenden Zuschlägen erstmals geschmolzen, Produkte sind Rohstein und Rohschlacke. Es wird berichtet, dass bei diesem Rohschmelzen eine Metallanreicherung um den Faktor 10 auftrat, was sich aus der Berechnung der Kupferbilanz nicht bestätigen lässt. Wahrscheinlich führten die verschiedenen Erzsorten zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen.

In der heutigen Kupfermetallurgie wird das Silber bis zur allerletzten Prozessstufe beim Kupfer belassen, der Raffinationselektrolyse, wo es elektrometallurgisch in den Anodenschlamm überführt wird. Diese Raffinationselektrolyse war damals noch nicht erfunden, so dass die Silbergewinnung aus dem Kupfer durch einen völlig anderen Prozess stattfand, durch das „Verbleien“ oder „Verfrischen“ des Steins. Der Stein wird schmelzflüssig mit unreinem Kupfer und mit Blei versetzt; das Kupfer soll dem enthaltenen Silber den Schwefel entziehen, und das metallische Blei („Reichblei“) soll dann das Silber aufnehmen. Aus dem Blei lässt sich das Silber zurückgewinnen durch die sog. „Treiarbeit“. Ich komme später bei den Einzelheiten darauf zurück. Das kupferhaltige Produkt wird „Abdörrstein“ genannt und in mehreren Schritten geröstet und geschmolzen, um einen hochprozentigen Kupferstein zu erzeugen. Eisen wird weiter verschlackt.

Erst dann erfolgt die fast völlige Verbrennung des Schwefels und Überführung in Schwefeldioxyd in einem bis zu 12-maligen Röstprozess. Dieser geröstete Kupferstein wird dann in Krummöfen eingeschmolzen, wobei Schwarzkupfer (90 – 95 % Cu) entsteht.

Diese Schwarzkupferarbeit verläuft heute als Röstreaktion, Konvertierung genannt, wobei nach der Eisenverschlackung im Peirce-Smith-Konverter Kupfer oxydiert wird und mit dem Ursprungs-Kupfersulfid zu metallischem Kupfer und Schwefeldioxyd reagiert. Nebenpro-

* Vorgetragen von J. Wallner bei der „Fachtagung zur Montangeschichte der Öbblarn Walchen“ in Öblarn (Steiermark) am 10. Juli 2004; Veranstalter: Bergbauverein Öblarn und Montanhistorischer Verein Österreich.

dukt ist die sog. Schwarzkupferschlacke. In der Prozesstechnik des 18. Jahrhundert musste bei sehr unreinen bzw. niedrigprozentigen Erzen dieser Prozess mehrstufig durchgeführt werden, so dass eine schrittweise Aufkonzentrierung stattfand. Als Zwischenprodukt trat dabei der sog. "Spurstein" auf, der im Prozess rezykliert wurde.

Die schmelzmetallurgische Kupferraffination, das „Garmachen“ oder „Rosettieren“ ist der letzte Schritt. Die unedleren Verunreinigungen im Kupfer werden durch selektive Oxydation entfernt und verschlackt. Im Folgenden wird versucht, ein Fließbild des Walchener Verhüttungsprozesses aus den genannten Jahren zu rekonstruieren (Abb. 1).

2.2 Röstung im Öblerner Schwefelofen/Kupfervitriol-erzeugung

Die Roherzmischung enthielt 1 bis 4 % Cu, 80 bis 250 g/t Ag, 7 bis 10 % S sowie Fe, Ni, Co, As, Au, Cl, MgO, Al₂O₃, SiO₂, CaCO₃, H₂O. Sie wurde mit Holzkohle vermischt und in die Öblerner Schwefelöfen eingesetzt.

Dies war also keine der zur damaligen Zeit üblichen Haufen- oder Stadelröstung, sondern es wurde ein Flammofen benutzt (Abb. 2). Ein solcher Flammofen war recht groß, er hatte ein Fassungsvermögen von etwa 500 t Chargengewicht. Der Nachteil war die zumindest im Innern der Charge zunächst herrschende reduzierende Atmosphäre sowie der schlechte Luftzutritt zu den unteren Lagen der Beschickung. Deshalb dauerte eine Röstkampagne 15 bis 20 Wochen. Nimmt man einmal eine Grundfläche von 10 x 16 m an, so muss die Beschickungshöhe 1 m (!) betragen haben. Wenn etwa die Hälfte des Ausgangsschwefelgehaltes entfernt wurde (4 % von 500 t = 20 t), so betrug die Abröstrate etwa 1 t Schwefel pro Woche oder knapp 1 kg pro Quadratmeter Ofenfläche und Tag. Gar nicht mehr ganz so moderne Etageröstofen schaffen 100 bis 300 kg/m². Tag, Wirbelschichtöfen dagegen 2 bis 6 t/m² u.Tag, also im Mittel das Viertausendfache!

Es entstand sicher Schwefeldioxyd, das in die Umgebung entwich, und es wurden flüchtige Arsen- und Chlorverbindungen entfernt. Vermutlich der Hauptteil des Schwefels wurde aber in die Kupfervitriolanlage geführt.

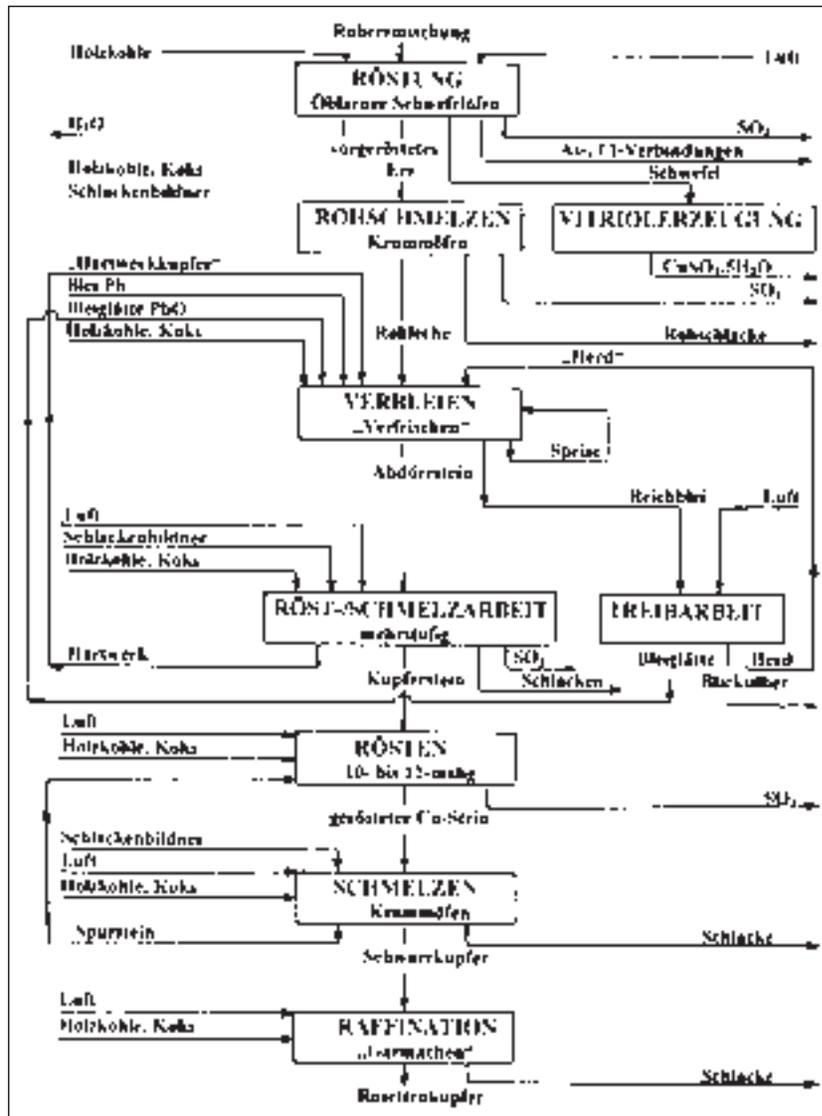


Abb. 1: Fließbild des Walchener Verhüttungsprozesses.

Das Kupferpentahydrat CuSO₄·5H₂O entsteht aus Kupfer und verdünnter heißer Schwefelsäure unter Luftzutritt. Es diente vor allem der Schädlingsbekämpfung in der Landwirtschaft und im Weinbau. Durch die exotherme Wärme des Röstvorgangs schmilzt ein Teil des in der Beschickung offenbar elementar enthaltenen Schwefels auf, fließt durch Kanäle in der Ofenmauer in 12 Schwefelkammern unter dem Ofen ab, wird in einem Kessel umgeschmolzen, gereinigt und verkauft. Das Kupfervitriol ist ein Nebenprodukt. Pro Ofencharge wurden 2,5 t Schwefel erzeugt, das ist nur ein kleiner Teil der oben angenommenen 20 t Schwefelentfernung in der mehrmonatigen Kampagne. Es ist naheliegend, dass der bei weitem größte Teil als Schwefeldioxyd in die Luft ging. Andere Literaturangaben sprechen von 3,5 t Schwefelgewinnung, allerdings bei einer Röstdauer von bis zu 30 Wochen, also 7 1/2 Monaten. Einen etwas höheren Wert stellt die Angabe von 10 t Schwefel pro Jahr dar, ist aber bei den stark wechselnden Schwefelgehalten im Ausgangsmaterial nicht undenkbar. Wenn 20 t Kupfervitriol pro Jahr hinzukommen, bedeutet dies noch einmal einen Schwefelinhalt von 2,5 t. Der eigentliche Prozess zur Vitriolherzeugung wird nicht beschrieben. Es dürfte sich um eine sulfatisierende Röstung gehandelt haben, nach $CuO + SO_3 = CuSO_4$ oder $Cu + S + 2 O_2 = CuSO_4$.

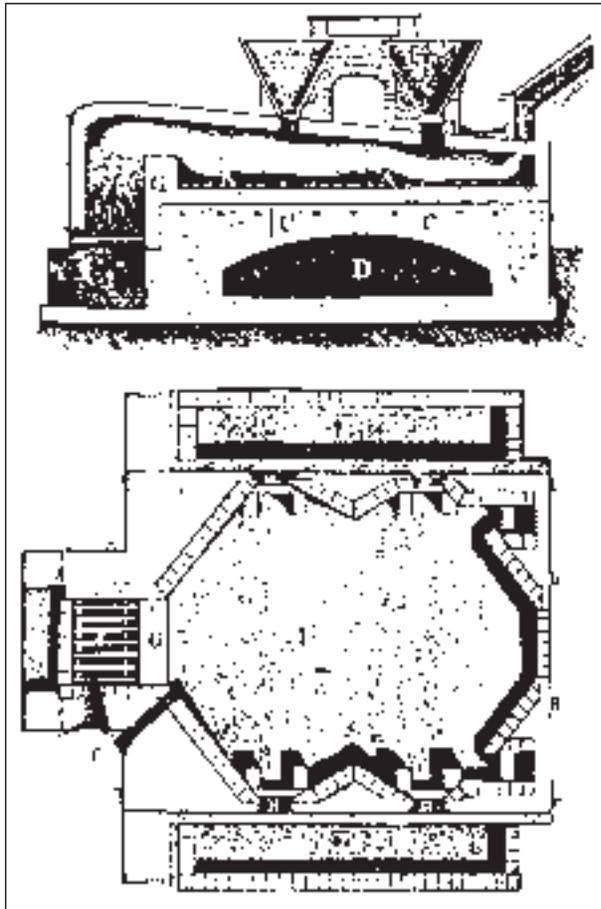


Abb. 2: Flammofen zur Röstung der Roherzmischung.

2.3 Rohschmelzen im Krummofen

Im Krummofen (Abb. 3) wird das vorgeröstete Erz zum ersten Mal einem Schmelzprozess unterworfen. Das Ziel war, die Gangartminerale weitgehend in einer Rohschlacke abzutrennen. Es muss äußerst schwierig gewesen sein, die z. T. hoch schmelzenden Bestandteile (Aluminium-, Magnesiumverbindungen) zu überführen. Zwar wurden Schlackenbildner zugesetzt und sicherlich wurde die Bildung von Eisensilikaten angestrebt; aber es darf angenommen werden, dass wegen der hohen Schlackenviskosität deren Wertmetallgehalt sehr hoch

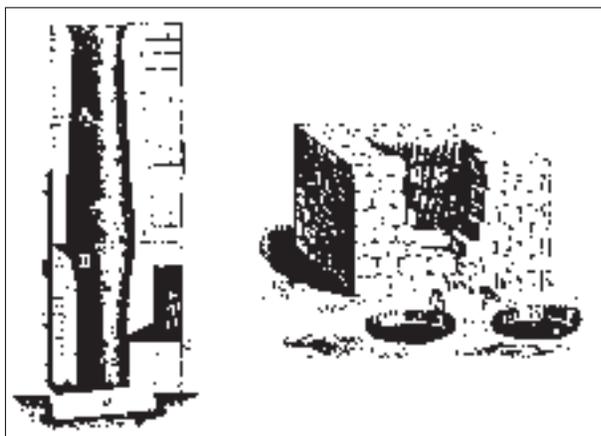


Abb. 3: Krummofen zum Rohschmelzen des vorgerösteten Erzes. D = Abstichöffnungen.

war. Krummöfen sind niedrige Gebläse-Schachttöfen, die diskontinuierlich arbeiteten, weil die halb oder gar nicht geschmolzenen Schlacken nach dem Ausfließen des Rohsteins ausgebrochen werden mussten. Ab Ende des 18. Jahrhunderts wurde Koks eingesetzt, wodurch die notwendigen höheren Temperaturen erreicht und damit Flüssigabstiche möglich wurden.

Die Produkte dieses Verfahrensschrittes sind die „Rohleche“, ein mit Metallen angereichertes Zwischenprodukt, und etwa 90 % Schlacke. Restschwefel verbrennt, Eisen geht in die Schlacke, Kupferoxyd wird teilweise reduziert, der Großteil bildet jedoch Kupferstein. In 8 Stunden wurden 2,8 t durchgesetzt und etwa 280 kg Rohleche (Stein, Sulfid) erzeugt. Der Kupfergehalt betrug 11,6 %, der Silbergehalt 857 g/t. Pro Charge wurden 6 Kubikmeter Kohle benötigt.

2.4 Verbleien zur Silberausschleusung

Damit bei den folgenden Arbeitsschritten das Silber nicht ins Kupfer ging, wurde die Rohleche verbleit, das heißt mit flüssigem Blei und mit Bleioxyd versetzt, wodurch ein silberhältiges „Reichblei“ entsteht. Das Aggregat für diesen Verbleiungsprozess wird nicht beschrieben. Dafür ist die Massenbilanz sehr gut bekannt:

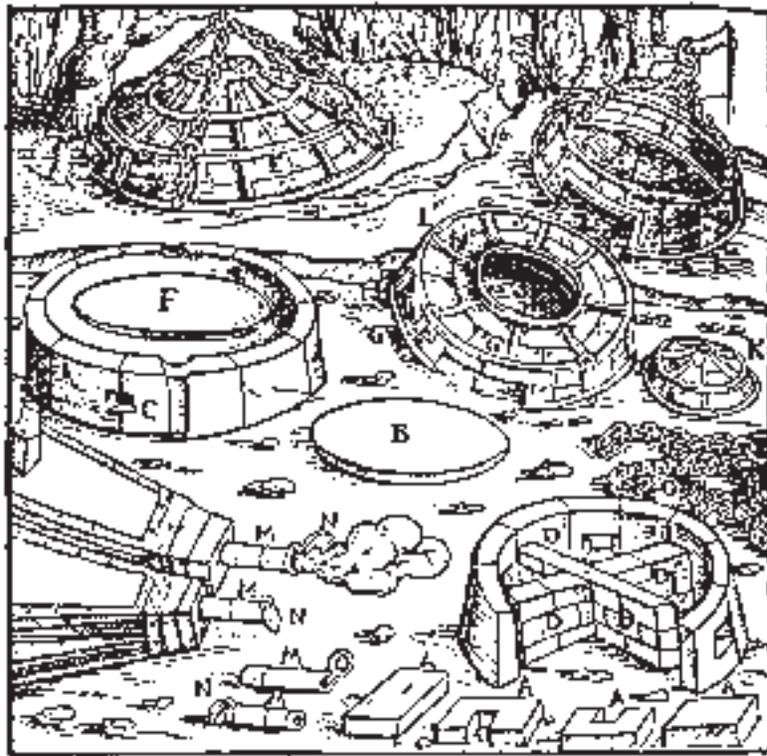
EIN:	16,8 t Rohleche (6 Portionen zu 2,8 t)
	1,1 t Frischblei
	3,6 t Bleiglätte PbO
	0,84 t „Herd“ (Ag-hältiges Zwischenprodukt der Treibarbeit)
	2,7 t „Hartwerkkupfer“ (Ag-hältig)
	32,0 t Kohle
AUS:	19,8 t „Abdörrstein“
	4,0 t Reichblei
	? Speise

Das Hartwerkkupfer ist unreines Kupfer und soll den Schwefel an sich binden, damit dieser nicht mit Blei reagiert. Der Verbleiungsvorgang wurde einmal wiederholt, um die Kontaktzeit und damit den Übergang von Silber ins Blei zu erhöhen. So kam es in Summe zu 85 Stunden Betriebszeit mit einem Kohleverbrauch von 64 t.

2.5 Treibarbeit

Das Reichblei wird flüssig in den Treibherd gegeben und mit Luft vollständig aufoxydiert, so dass am Ende des Prozesses nur das Silber („Blicksilber“; 96 % Ag) zurückbleibt, das Bleioxyd wird rezykliert. Mit „Herd“ wird eine schwer schmelzbare Legierung aus etwa 3 Teilen Kupfer und 1 Teil Blei beschrieben. Auch sie wandert in den Verbleiungsprozess zurück. Die benutzten Treibherde werden gut beschrieben. Aus Georg Agricolas „De re metallica“ stammt Abb. 4.

Einer Arbeit von G. Fuchs über den Öblerner Kupferweg sind die Fotos von den montanarchäologischen Untersuchungen an dem Original-Öblerner Silbertreibherd (Abb. 5) entnommen.



Die Quaderkammer („Herde“) A Die Reibschlange („Reibherd“) B
 Die Luftpumpe C Die Zerkleinerung („Kreuz“) D Der Treibherd E
 Die Hand F Die Kugel G Die Stühle Vorwerkung H Die Luftzugen des Treibherdes I
 Die Haube („Stange“) K Die Ringe zum Aufhängen L Die Feuerz. M
 Die Formstücke („Schlagstein“) N Die Ketten O

Abb. 4: Treibofen mit Beschreibung

Es folgt noch einmal ein Bild aus „De re metallica“: Ein Silbertreibherd in vollem Betrieb (Abb.6).

Der Treibherd in Walchen hatte 3,6 m Durchmesser. Die folgenden Ausbringenszahlen nach einer Treibzeit von 15 bis 36 Stunden werden genannt: Aus 4 t Reichblei erhielt man 11,5 kg Silber. Unterstellt man einen Silberverlust von 1 %, so muss das Reichblei 290 g/t Ag gehabt haben. Die Silbergehalte in den Erzen waren außerordentlich schwankend. Als Nebenprodukte entstanden 3,7 t Glätte und 840 kg „Herd“. Das sind genau die Tonnagen, die in die Verbleiungsarbeit zurück gehen. Der Öblarner Treibherd wird von anderen Autoren mit einem Bleifassungsvermögen von 3.360 kg angegeben. Das kalt eingesetzte Reichblei ist erst nach 14 Stunden flüssig, dann beginnt das Lufteinblasen, die Temperatur steigt. Von der flüssigen Badoberfläche wird ständig die Krätze abgezogen, damit die Luft ungehindert Zutritt zur Bleioberfläche hat. Das entstehende Bleioxyd PbO oxydiert die Verunreinigungen, vor allem Zink und Eisen. Bei dem berühmten Silberblick ist alles Blei oxydiert, es wird Wasser auf das flüssige Silber gegossen, wodurch es sofort erstarrt. Das Silber (97 %) enthielt etwa 1

bis 2 % Gold. Der Treibprozess in Walchen dauerte rund 42 Stunden.

2.6 Mehrstufige Röst-/Schmelzarbeit

Der Abdörrstein, der – was seinen Kupfergehalt angeht – sich nicht sehr von der Rohleche unterscheidet, also neben Kupfer und Schwefel noch viel Schlackenbestandteile enthält, wird dann, um diese zu entfernen, mehrstufig geröstet und oxydierend verschmolzen. Dabei wird Schwefel verbrannt, und es werden Schlacken gebildet. Es wird darauf geachtet, Eisen nur bis zum FeO zu oxydieren. Es wird Sand zugeschlagen, Kohle dient der Erhitzung. Ein Vorgang dauert 7 bis 8 Stunden. Es gibt vier Produkte: SO₂-hältiges Abgas, Schlacken sowie Kupferrohstein und



a) Silbertreibherd: kreuzförmige Lüftungskanäle im Unterbau.



b) Silbertreibherd, Detail – schmale Kanäle aus Ziegeln gemauert.



c) Silbertreibherd, Rinne zum Abfließen der Bleiglätte.

Abb. 5 a - c: Öblarner Silbertreibherd

Hartwerkkupfer im Verhältnis 54 zu 46. Der Kupfererzstein (knapp 10 % vom Einsatzgewicht des Erzes) ist silberarm (17 g/t), die Hartwerke silberreich (2700 g/t); sie gehen deshalb in den Prozess der Verbleiungsstufe zurück. Der Schmelzvorgang erfolgt wieder in Krummöfen.

Der entstehende Kupferstein ist wohl am ehesten mit dem Kupferstein in der modernen Kupferprozesstechnik zu vergleichen, der aus dem Outokumpuofen abgestochen wird. Es wird ein Cu-Gehalt von etwa 25 % angenommen.

2.7 Röstprozess des Kupfersteins

Während in der modernen Kupfermetallurgie die nächsten beiden Arbeitsschritte, nämlich die Eisenverschlackung und die Schwefelentfernung, in einem Gefäß, dem Peirce-Smith-Konverter, allerdings in zwei deutlich voneinander abgesetzten Schritten, durchgeführt werden, mussten damals in der Walchen diese beiden Schritte in getrennten Öfen nacheinander erfolgen.



*Der Ofen A. Die Heißschütte B. Die Silberpläne C. Das Blech D.
Ein langriger Meißel als Hammer, damit der Ofen, welches der Herr auszumet, ihm nicht schadet,
denn sie ist ein Spezialmittel dagegen E.*

Abb. 6: Treibherd im Betrieb



Der Stein A. Die Stranzschindel B. Die Ofen C.

Abb. 7: Röststadel nach Agricola

Der Röstprozess fand unter Einsatz von Kohle statt, wobei allerdings der Schwefel absichtlich nicht vollständig verbrannt wurde, also nicht „totgeröstet“ wurde, da sonst zu viel Eisen ins Schwarzkupfer gehen würde. Das FeO zur Schlackenbildung mit Kieselsäure musste erhalten bleiben für den nachfolgenden Einschmelzschritt. Der Rohstein aus der vorhergehenden Arbeitsstufe wurde zerkleinert und bis zu 12 mal in Haufen oder Stadeln geröstet. Neben dem entweichenden Schwefeldioxid bildeten sich vermutlich auch Sulfate. Auf dem Bild von Agricola (Abb. 7) wurden noch Strauchbündel als Brennstoff verwendet, in der Walchen war es dann Holzkohle.

2.8 Schmelzen des Kupfersteins

Der vorletzte Schritt in dem langen Prozessstammbaum ist das Schmelzen des gerösteten Kupfersteins, wiederum in Krummöfen. Die Schlackenbildnerzusätze dienen der Eisenverschlackung, ein Rest von an

Kupfer gebundenen Schwefels wird mit dem Spurstein ausgeschleust, der in den Röstprozess zurückgeführt wird. Inwieweit die günstige sogenannte Röstreaktion $\text{Cu}_2\text{S} + 2 \text{Cu}_2\text{O} = 6 \text{Cu} + \text{SO}_2$ im Schmelzofen ablief, ist nicht bekannt.

Das Produkt ist metallisches Kupfer, sicher mit Sauerstoff- und Schwefelgehalten als Cu_2O und Cu_2S sowie mit unedleren metallischen Verunreinigungen. Als Gehalt wird 80 bis 99 % Cu angegeben: „Schwarzkupfer“.

2.9 Raffination („Garmachen“)

Die letzte Stufe ist die Raffination des Schwarzkupfers. Hier werden durch die auf die flüssige Oberfläche geblasene Gebläseluft die unedleren Verunreinigungen (hauptsächlich Eisen, Blei, Zink, Arsen) oxydiert und in eine Schlacke oder Asche oder Krätze, jedenfalls in ein oxydisches Produkt überführt oder auch verflüchtigt. Die Schlacke ist kupferreich. Dieses sog. Kupfergaren wird in Herden oder Raffinieröfen ausgeführt, es dauerte 35 bis 38 Stunden, geheizt wurde mit Kohle. Das Ende des Prozesses wird nach der Farbe des Kupfers auf einem Schöpfpföfel beurteilt, mit zunehmender Reinheit wird es kirschrot. Der Ausdruck „Garmachen“ kommt von dem Sieden des Kupferbades durch das Entweichen des Schwefeldioxyds, auch heute noch „Bratperiode“ genannt. Das erstarrende Kupfer bildet in dem runden Tiegel eine Rosette, das „Rosettenkupfer“ hat eine Reinheit von 99 %.

3. Massenbilanz

Eine Massenbilanz ist mit auch nur annähernder Genauigkeit wegen vieler fehlender Gehaltsangaben der eingesetzten (Roherz mit Gangart, Holzkohle, Koks, Schlackenbildner) und auch der ausgeschleusten (Schwefel, verschiedene Schlacken, flüchtige Verbindungen wie Arsentrioxyd, Chlorverbindungen, Feuchtigkeitsgehalt) sowie Verkaufsprodukte (Kupfervitriol) nicht zu erstellen. Auf 1 t Kupfer als Endprodukt bezogen sind daher die folgenden Zahlen nur Größenordnungen (interne Recyclingprodukte werden nicht aufgeführt):

EIN:	120 t	Roherz
	80 t	Holzkohle, Koks (sehr unsicher wegen des fehlenden Wärmewirkungsgrades aller Röst-, Schmelz- und Raffinieröfen)
	10 t	Schlackenbildner (Sand, Kalkstein)
	3 t	Frischblei
	180 t	Luft (sehr unsicher wegen der fehlenden Oxydationswirkungsgrade)
AUS:	1 t	Kupfer
	100 t	Schlacke
	150 t	Kohlendioxyd
	20 t	Schwefeldioxyd
	12 t	Wasserdampf
	1,5 t	flüchtige Verbindungen
	0,5 t	Kupfervitriol
	13 kg	Blicksilber

Im Vergleich zur modernen Kupfererzeugung über den Weg Grube – Aufbereitung – Röstung – Reduktion – Raffination ist zu bemerken, dass auch heute etwa 125 t Roherz für 1 t Kupfer eingesetzt werden müssen. Der entscheidende Unterschied zur Kupferverhüttung in der Walchen ist, dass die heutigen Roherze mit 1 % Cu (Weltdurchschnitt) durch Aufbereitungsprozesse auf fast 30 % Cu angereichert werden. Dies führt zwar zu über 120 t Abgängen z. B. aus der Flotation, ist aber deutlich weniger energieintensiv. Ein zweiter entscheidender Fortschritt ist die heutige Röstreaktion im Peirce-Smith-Konverter, wo Eisenverschlackung und Schwefelverbrennung in einem Aggregat erfolgen. Und letztlich wird der Silbergehalt der Kupfererze nicht mehr in Blei überführt und durch Oxydation des gesamten Bleis als Blicksilber gewonnen, sondern in der elektrolytischen Raffination im Anodenschlamm ausgebracht.

4. Kupferbilanz

Naturgemäß gibt es in der „Walchen-Literatur“ zu den Kupfergehalten deutlich mehr und deutlich genauere Angaben, so dass sich eine Kupferbilanz mit einer gewissen Genauigkeit erstellen lässt, siehe **Tabelle 1**.

Aus dieser Aufstellung ist ersichtlich, dass das Kupferausbringen vom Erz bis zum verkaufsfähigen Kupfer nur 33,3 % beträgt (1 t aus 3 t). Hierzu muss allerdings bemerkt werden, dass vermutlich die gewaltige Menge Rohschlacke (90 t) aus dem Rohschmelzprozess mit dem hohen Cu-Gehalt von 50 % in die Schwarzkupferarbeit rezykliert wurde. Eine deutliche Angabe hierzu gibt es nicht. Eine Erhöhung der Gesamtausbeute von 33,3 % auf etwa 50 % erscheint in diesem Fall nicht ausgeschlossen (heutiger Wert 80 %). – Das Silberausbringen vom Erz bis zum Blicksilber betrug 72 %.

5. Zusammenfassung

Das Roherz in der Walchen war deutlich kupferreicher als die heute weltweit abgebauten Kupfererze (2,5 % gegenüber 1 %). Fehlende massen- und energieintensive Prozessschritte (Flotation, Schwebeschmelzen, elektrolytische Raffination) waren der Grund für einen vielstufigen Prozessablauf in der Walchen. Hinzu kamen die hinsichtlich Wärme- bzw. Energieausbeute erheblich schlechteren Ofenaggregate, die ein sinnvolles Ausnutzen exothermer Reaktionen (Kohlenstoff- und Schwefelverbrennung) nicht ermöglichten. Die Aufkonzentration des Kupfers in den einzelnen Prozessschritten (in %) war wie folgt:

2,5 – 2,8 – 11,6 – 15,0 – 25,0 – 45,0 – 90,0 – 99,0
gegenüber heute

1,0 – 29,0 – 31,0 – 96,0 – 99 – 99,99.

Eine Energiebilanz zu erstellen, ist aus den geschilderten Gründen nicht möglich. Allerdings muss gesagt wer-

Tabelle 1: Kupferbilanz

Roherz	120 t . 2,5 %	=	3,000 t	
				- <u>0,130 t Cu</u> im Vitriol
				2,870 t
vorgeröstetes Erz	100 t . 2,8 %	=	2,870 t Cu	
				- <u>1,710 t Cu</u> zu 1,9 % in 90 t Rohschlacke
Rohleche	10 t . 11,6 %	=	1,160 t Cu	
+ Hartwerk	1,5 t . 20 %	=	0,300 t Cu	
+ Herd	0,4 t . 75 %	=	<u>0,300 t Cu</u>	
				1,760 t Cu
Abdörrstein	12 t . 15 %	=	1,800 t Cu	
				- 0,300 t Cu zu 20 % in 1,5 t Hartwerk
				- <u>0,090 t Cu</u> zu 2 % in 4,5 t Schlacke
Kupferstein	5,6 t . 25 %	=	1,400 t Cu	
gerösteter Kupferstein	3,1 t . 45 %	=	1,400 t Cu	
				- 0,100 t Cu zu 5 % in 2 t Schlacke
				- <u>0,100 t Cu</u> zu 40 % in 0,250 t Spurstein
Schwarzkupfer	1,333 t . 90 %	=	1,200 t Cu	
				- <u>0,190 t Cu</u> zu 50 % in 0,380 t Schlacke
Rosettenkupfer			1,010 t Cu	
				- <u>0,010 t</u> Verunreinigungen
Reinkupfer			1,000 t Cu	

den, dass die heute pro t Fertigungskupfer benötigten etwa 3100 kWh elektrischen Stroms bei einem Umwandlungswirkungsgrad aus Primärenergie von weltweit nur 36 % eine Primärenergie­menge von 31 GJ bedeuten. Die sicherlich miserablen thermischen Wirkungsgrade der Walchener Öfen werden hierdurch ein wenig relativiert. Man kann unseren hüttenmännischen Vorfahren eigentlich nur das größte Kompliment aussprechen, dass sie unter den damaligen technischen und wirtschaftlichen Bedingungen über mehr als hundert Jahre eine florierende Kupfer- und Silbererzeugung ermöglicht haben.

Literatur

- (1) Jahrbuch der steiermärkisch-ständischen montanistischen Lehranstalt zu Vordernberg, III. bis VI. Jahrgang, 1843-1846.
- (2) Steinlechner, L.: Gedenkschrift „Über den Betrieb der uralten Gold- und Silberhaltigen Kupferbergbaues in der Walchen bei Oeblarn im Ennsthale und dessen Schmelz­manipulation“, 1858; Weiß, A.: Eine bemerkenswerte „Gedenkschrift“ vom Bergbau Walchen bei Öblarn/Steiermark. res montanarum 26, 2001, S. 27-37.
- (3) Bischoff, C.: Das Kupfer und seine Legierungen. Verlag von Julius Springer, Berlin, 1865.
- (4) Hackl, G.: Das Hausbüchl der Stampferin. Verlag Leuschner und Lubensky, Graz, 1926.
- (5) Georg Agricola: Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. VDI-Verlag GmbH, Berlin, 1928.
- (6) Tafel, V.: Lehrbuch der Metallhüttenkunde, S. Hirzel Verlagsbuchhandlung, Leipzig, 3 Bände, 1951/1953/1954.
- (7) Tremel, F.: Hans Adam Stampfer. Zeitschrift des Historischen Vereines für Steiermark, XLIII. Jahrgang, Graz, 1952, S. 75-97.
- (8) Köstler, H. J.: Das Bergwerk in der Walchen bei Öblarn. Zeitschrift des Historischen Vereines für Steiermark, LXXXIV. Jahrgang, Graz, 1993, S. 193-259.
- (9) Fuchs, G.: Der „Öblarner Kupferweg“ – Montanarchäologische Untersuchungen in der Walchen. DA SCHAU HER – Die Kulturzeitschrift aus Österreichs Mitte, 21. Jahrgang, 4, 2000, S. 9-14.
- (10) Fuchs, G.: Montangeschichtliche Denkmale in der Walchen bei Öblarn. res montanarum 26, 2001, S. 18-26.
- (11) Paschen, P.: Die historische Nickelverhüttung im Raum Schladming-Mandling. res montanarum 30/2003, S. 40-46.