Harz und Sachsen: Wie Metallbergbau und -nutzung den Aufstieg der Regionen ermöglichten und bis in die Gegenwart positiv beeinflussen

Teil 2: Erze und Verhüttung

Kammer, C. (1)

Harz und Erzgebirge waren einst wichtige Regionen des Erzbergbaus und der Metallgewinnung. Beide gehören daher zum Weltkulturerbe. Zwischen den Gebieten bestanden über die Jahrhunderte enge Beziehungen: Erfahrungsträger zogen zum jeweils erfolgreichsten Abbaugebiet, das je nach aktuellem Fundglück mal im Harz, dann wieder im Erzgebirge lag. Metallurgie und Abbautechnik profitierten voneinander, Erkenntnisse wurden ausgetauscht. Dies zeigt sich nicht zuletzt in den Gründungen von Bergakademien und Bergschulen, deren Gelehrte sowohl im Harz als auch im Erzgebirge von sich Reden machten. In drei Teilen wird METALL diese Aspekte genauer untersuchen – nicht zuletzt auch vor dem Hintergrund des Jahres der Industriekultur 2020 in Sachsen. Teil 1 befasste sich mit dem Erzbergbau. [1] Im zweiten Teil werden die Erze selbst mit den zugehörigen Verhüttungsverfahren betrachtet.

Interessant aus Metallurgensicht ist, was in den Zeiten des ersten und zweiten Berggeschreys abgebaut wurde. Die Auswahl des Verhüttungsverfahrens richtet sich bekanntlich nach der Beschaffenheit des Erzes. Zu richten ist der Blick daher auf die abgebauten Erzmineralien, die insbesondere im Erzgebirge sehr zahlreich sind – wie nicht zuletzt die zahlreichen Erstbeschreibungen aus dem Erzgebirge belegen [2]

Im Fokus des Interesses standen natürlich die Silbererze. Bemerkenswert ist, dass Silber anfangs sogar in größeren Mengen gediegen gefunden wurde, wofür nicht zuletzt der legendäre „silberne Tisch“ steht, an dem Herzog Albrecht III. 1477 in Schneeberg sein unterirdisches Gastmahl eingenommen haben soll. [3]

Oberflächennahe Anreicherung von edlem Metall

Der große Erfolg ersten Hauptperiode der einzelnen Bergbauregionen des Erzgebirges erklärt sich aus der Geologie: Die Metallerze finden sich im Erzgebirge vor allem in Gängen. Das heißt, in früheren geologischen Zeiten durch gebirgsbildendende Prozesse entstandene Spalten wurden in einer späteren Zeit durch Erze, aber auch durch metallfreie („taube“) Mineralien wieder aufgefüllt. Die Lage der so entstandenen Erzgänge folgt in Richtung und Neigung den früheren Gesteinsspalten. Daraus erklärt sich auch ihre unterschiedliche Mächtigkeit.

In einem Gang können sich Erz und taubes Gestein abwechseln. Zudem können sich bestimmte Metalle mit der Zeit anreichern, z.B. das Silber in geringerer Tiefe. Genau daraus erklärt sich, dass Gruben immer wieder gute Zeiten (Metallerz gefunden) und auch schlechte Zeiten (nur taubes Gestein) hatten.

Der Grund für diese Anreicherungen ist darin zu sehen, dass die Gesteine der erdoberflächennahe Bereiche der Erzgänge mit der Zeit verwittern (Bild 1). Quarzgestein (SiO_2) zum Beispiel ist recht beständig und bleibt nahezu unverändert. Kalkstein (Calcit, $CaCO_3$) hingegen wird geradezu aufgelöst, so dass das Gestein locker wird. Und auch die Metallerze selbst verwittern, insbesondere durch eine Reaktion des enthalten Metalls – je nachdem, ob es sich um ein edles oder unedles Metall handelt:

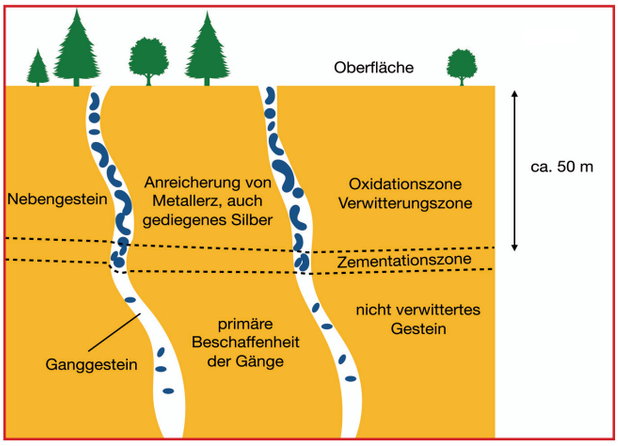
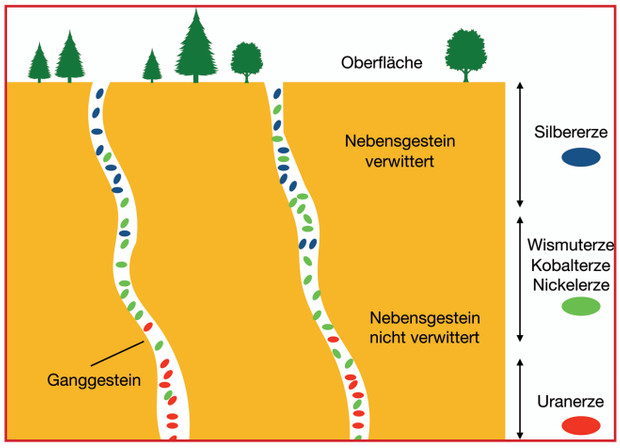


Bild 1: Erzgänge - Oxidations- und Zementationszone oben mit konzentriertem Erz, darunter in der Zone der urspünglichen Gangbeschaffenheit, nur wenig, fein verteiltes Erz



Fotos und Grafiken: METALL

Bild 2: Primäre Teufenunterschiede in Erzgängen – Silber oben, Nickel, Wismut und Kobalt in der Mitte (Bi-Co_Ni- Paragenese), unten Uran

Mineralogischer Name	Bergmännischer Name	Zusammensetzung	Anmerkung
Akanthit	Silberglanz	Ag_2S	Früher wichtigstes Silbererz, heute seltener, Anlauffarbe von Sterlingsilber ist Akanthit
Freibergit	lichtes Weißgültigerz, Fahlerz	$Ag[Cu_4Fe_2]Sb_4S_{13}$	32 % Ag bis zu 14 % Cu
Pyrargyrit	dunkles Rotgültigerz,	Ag_3SbS_3	weltweit wichtigstes Silbererz, bis 60 % Ag
Proustit	Lichtes Rotgültigerz, Rubinblende oder Arsensilberblende	Ag_3AsS_3	im Westerzgebirge häufig, sonst selten, Ag bis 65 %
Stephanit	Sprödglaserz, Sprödglanzerz und Schwarzgültigerz	Ag_5SbS_4	insb. in FG, bis 68 % Ag, auch im Harz, z.B. St. Andreasberg
Chlorargyrit	Chlorsilber	AgCl	überall in Erzgebirge, Ag bis 75 %
Galenit	Bleiglanz	PbS	ebenfalls silberhaltig bis 0,4 %

Tabelle 1: Wichtige Silbermineralien bzw. silberhaltige Mineralien

- Eisen beispielsweise ist recht unbeständig, es reagiert leicht mit Sauerstoff. Es rostet also – auch in seinen Erzen. Und so wird aus Pyrit (Schwefelkies, Eisensulfid FeS) mit der Zeit Limonit (Brauneisenstein $Fe(OH)_3$, Eisenhydroxid).
- Der im o.g. Pyrit enthaltene Schwefel kann wiederum mit Calcium aus dem Calcitgestein reagieren und es entsteht Gips ($CaSO_4 * 2H_2O$, d.h. wasserhaltiges Calciumsulfat).
- Edelmetalle hingegen sind bekanntlich gut beständig und reagieren nicht auf diese Weise. Sie können sich daher, sogar gediegen, in den Gängen anreichern.

Im Erzgebirge war dies oft der Fall und so fanden sich oft in den oberen Schichten – in der sog. Oxidations- und Zementationszone, die in der Regel 50 m Tiefe erreichte, reiche Vorkommen von Silber (Bild 1). Mit zunehmender Tiefe aber findet sich dann das unverwitterte Gestein, in dem diese Anreicherung nicht stattgefunden hat. Zwar kann es dort immer noch Silber geben, es liegt aber in geringeren Gehalten vor. Zudem ist das Metall feiner verteilt und das umgebende, noch unverwitterte Gestein ist erheblich fester. Der Aufwand für den Bergmann wird damit deutlich größer.

Genau diese spezifische Lagerstättenform erklärt die guten und schlechten Zeiten der Erzreviere. Anfangs traf man auf angereicherte Erze in geringer Tiefe, waren diese aber abgebaut, musste man größere Tiefen auffahren und traf nun auf ärmeres, aber dafür festeres Erz. [4]

Metallerze einfach ausschmelzen...

Die aus der Oxidationszone gewonnenen silberhaltigen Mineralien ließen sich recht einfach sich durch einfaches Ausschmelzen oder im Fall des Silberglanzes zum Münzmetall verarbeiten. Später, d.h. mit den erwähnten größeren Tiefen, wurden jedoch hauptsächlich sulfidische Erze, gefördert und verarbeitet. Die entsprechenden Mineralien zeigt Tabelle 1.

....oder aufwändig verhütten

Silberglanz ließ sich noch recht einfach durch oxidierendes Schmelzen verarbeiten [5]: $Ag_2S + O_2 \rightarrow 2\,Ag + SO_2$.

Die Verarbeitung komplexerer sulfidischer, in der Regel auch ärmerer Erze stellte jedoch ganz andere Anforderungen an die Verhüttungsprozesse. Daher kamen in der zweiten Hauptperiode des Bergbaus in Harz und Erzgebirge kompliziertere Techniken zur Verhüttung zum Einsatz, die sich mit folgenden – später noch zu erläuterden Prozessen – umschreiben lassen : Rösten - Schmelzen - Trennen - Oxidierendes Schmelzen – Feinbrennen

Das 18. Jahrhundert schließlich stellte sich den Herausforderungen noch weiter kompliziert gewordener Erzzusammensetzungen und brachte völlig neue Hüttentechnologien hervor, wie z.B. die kalte Amalgamation in der Halsbrücker Hütte 1794. Sie wurde erbaut von Christ-

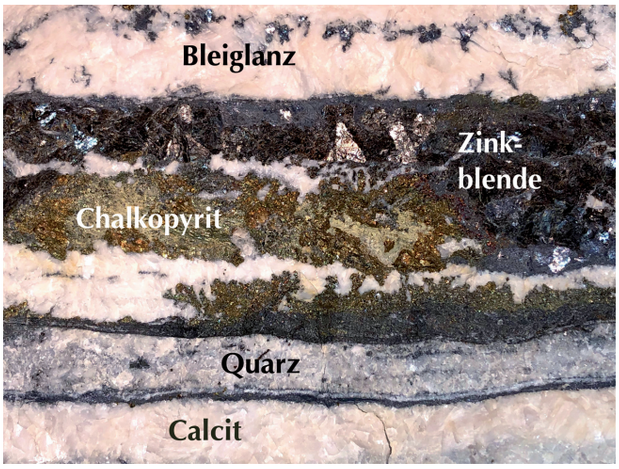


Bild 3: Typisches Oberharzer Erz, die einzelnen Mineralien sind gut voneinander zu unterscheiden

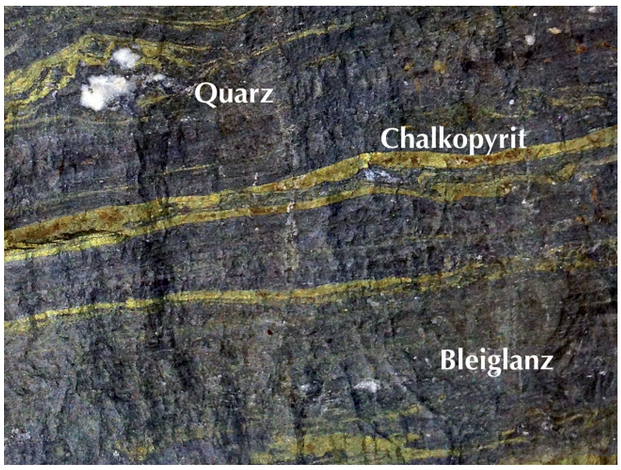


Bild 4: Rammelsbergerz, Goslar/Harz, stark verwachsen

Mineralogischer Name	Bergmännischer Name	Zusammensetzung	Anmerkung
Bornit	Buntkupferkies	Cu_5FeS_4	Jachymov, Berggießhübel, 55 - 69 % Cu
Chalkantit	Kupfervitriol	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Verwitterungsprodukt sulfidischer Cu-Erze
Chalkopyrit	Kupferkies	$CuFeS_2$	wichtigstes Cu-Erz im EG
Kassiterit	Zinnstein	SnO_2	bis 79 % Zinn; Altenberg (riesige Pinge zeugt von Jh. altem Bergbau), Ehrenfriedersdorf
Skutterudit	Speiskobalt	$CoAs_3$	für die Blaufarbenproduktion

Tabelle 2: Übersicht der im Erzgebirge neben Silbererzen geförderten Erze zur NE-Metallgewinnung

lieb Ehregott Gellert (s. Teil 3) und galt zu ihrer Zeit als achtes Weltwunder. [5, 6] Doch nicht nur das Silber weckte Begehrlichkeiten, sondern auch die Metalle Kupfer, Zinn, Blei und später auch Kobalt und Nickel. Eine Übersicht der geförderten Erze zeigt Tabelle 2.

Interessant ist, dass einige Metalle erst mit der Zeit interessant wurden, wie beispielsweise Kobalt: Das Mineral Kobaltglanz sieht erfolgversprechend aus, denn es weist bei frischen Bruchstellen einen metallenen, silberweißen Glanz auf. Mittelalterliche Bergleute hielten es deshalb zunächst für ein stark silberhaltiges Erz, wurden jedoch arg enttäuscht, als mit herkömmlichen Verhüttungsmethoden kein Silber erschmolzen werden konnte und obendrein giftiger Hüttenrauch entstand. Ganz klar: Der Bergkobold hatte sie heringelgt. Ganz ähnlich verhielt es sich mit dem Nickel. Rotnickelkies glänzt metallisch rötlich, enthält aber dennoch kein Kupfer. Das Erz war folglich vom „Bergnickel“0 verhext, man konnte es nicht gebrauchen. Eine Verwendungsmöglichkeit für Nickel ergab sich erst spät, z.B. 1823 durch die Erfindung des Neusilbers durch den Chemiker und Arzt Ernst August Geitner.

Für derartige Metalle mussten also erst Verhüttungsverfahren und Anwendungen gefunden werden. Hinzu kam, dass diese Metallerze erst in größerer Tiefe aufgefunden wurden, es gab sog. Teufenunterschiede (Bild 2): Dabei handelt es sich um Unterschiede, die nicht auf die Verwitterung zurückzuführen sind. Diese Unterschiede entstanden bereits, als sich der Gang mit Erzmineralien füllte. [4]

Bild 5: Aufbau eines Pochwerks, zu sehen in der Grünthaler Saigerhütte

Bild 6: Kupfererz Chalcopyrit aus Lautenthal, Harz

So erklärt die Geologie, warum Erzreviere, wie Annaberg, Schneeberg und Marienberg zunächst mit dem Silber reich wurden, dann aber ihr Auskommen, wenn auch bescheidener, mit in größerer Tiefe gefundenen Wismut-, Kobalt- und Nickelerzen sicherten. Noch viel später wurde dann das radioaktive Uran interessant (s. Teil 3).

Im Harz waren die Verhältnisse ähnlich. Gefördert wurden Bleiglanz und Chalkopyrit, später auch Zinkblende. Jedoch gab es hier aufgrund der geologischen Entstehungsgeschichte große Unterschiede in der Beschaffenheit der Oberharzer Erze und des Unterharzer Rammelsbergerzes, die im Bild 3 und 4 gezeigt und nachfolgend noch näher erläutert werden.

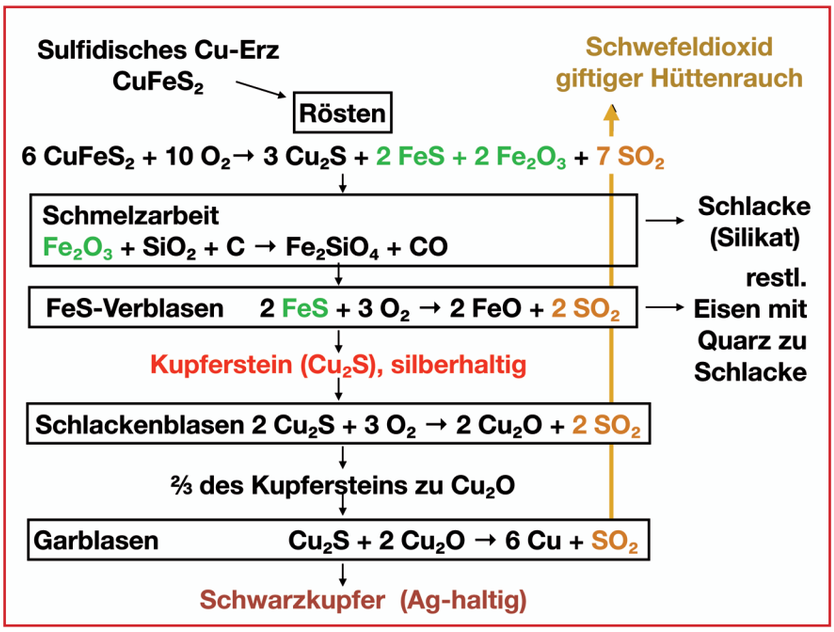


Bild 7: Gewinnung von Rohkupfer aus Erz

Hämmern, Scheiden, Klauben, Pochen

Die Erze erforderten je nach Qualität eine mehr oder weniger aufwändige Aufbereitung, bevor es an die Verhüttung gehen konnte. Eine erste grobe Sortierung erfolgte bereits untertage durch die Ausschläger. Ihre Aufgabe war es, das am Gangerz anhaftende taube Gestein abzutrennen. Diese Gangart wurde in der Grube zum Auffüllen, d.h. als Versatz für die entstandenen Abbauhohlräume, genutzt. Dies sparte Zeit und Kosten, denn der Aufwand für die Förderung von Material aus großen Tiefen nahm mit steigendem Gewicht immer weiter zu. [6]

Der Rest der erzhaltigen Fördermasse wurde vorsortiert über Tage transportiert. Betrachtet man das typische Oberharzer Erz im Bild 3, erkennt man mit bloßem Auge – ganz typisch für ein solches Gangerz – gut die einzelnen Erzbestandteile. Ein solches Erz ist gut trennbar, es wird mittels Hammer gebrochen und dann per Hand sortiert. Dies geschah in der grubennah gelegenen Scheidebank, wo Jungen ab zehn Jahren, Frauen und Invaliden arbeiteten. Sie zerkleinerten das Gestein mit einem Scheidehammer auf Scheideplatten aus Stein oder aus Eisen in ca. faustgroße Stücke weiter. Dann trennten sie das Erz nochmals vom tauben Gestein, ein Prozess der als „Scheiden" bzw. im sächsischen Erzgebirge auch als „Klauben" bezeichnet wurde.

Doch auch die so sortierten Erzbrocken enthielten immer noch taubes Gestein und wurden vor der eigentlichen Verhüttung oftmals noch weiter aufbereitet, indem sie fein gemahlen wurden. Für fein verwachsene Erze – ein Beispiel zeigt Bild 4 mit dem Goslarer Rammelsbergerz – war ein solches Mahlen ohnehin notwendig, denn eine manuelle Trennung war hier aufgrund der feinen Korngröße nicht möglich. Im Erzgebirge waren beispielsweise die Zinnerze sehr fein verwachsen und erforderten eine solche spezielle Aufbereitung, bestehend aus Mahlen und Erzwäsche.

Zum Mahlen der Erze kamen anfangs den Getreidemühlen ähnelnde Erzmühlen zum Einsatz. Ab dem 15./16 Jahrhundert erfolgte die Zerkleinerung in mit Wasserkraft betriebenen Pochwerken. Bild 5 verdeutlicht den Aufbau: Im äußeren Gestell, dem Pochstuhl, laufen schwere Kanthölzer aus Hartholz. Diese Pochstempel tragen unten eine gusseiserne Umkleidung, den sog. Pochschuh. Dieser trifft im Fall eines Trocken-Pochwerks auf die darunter liegende Pochsohle. Das so entstandene Erzpulver wurde dann der Erzwäsche zugeführt. Eine Weiterentwicklung des Jahres 1511 waren Nasspochwerke, bei denen die Pochstempel in einen in einen mit Gusseisenplatten ausgekleideten Pochtrog trafen, durch den Wasser gespült wurde, das wiederum das Erzpulver gleich der Erzwäsche zuspülte. Siebe sorgten dafür eine möglichst einheitliche Korngröße. [6,7]

Vom Waschen der Erze

Die Erzwäsche beinhaltete eine Trennung der einzelnen Erzfraktionen je nach Dichte. Erzminerale sind deutlich schwerer als Gangart. Beispielsweise hat das Silbermineral Freibergit eine Dichte von 5,41 g/cm³, Silberglanz Akanthit liegt bei 7,2 bis 7,3 /cm³, Bleiglanz bei 7,2 bis 7,6 g/cm³, das Zinnerz Kassiterit kommt auf 6,3 bis 7 g/cm³. Quarz und Calcit hingegen weisen Dichten von nur rund 2,6 bis 2,8 g/cm³ auf.

Anfangs erfolgte die Schweretrennung mit einem Stauchsetzsieb. indem ein mit dem fein zerkleinerten Stoffgemisch gefülltes Handsieb vorsichtig mit Wasser

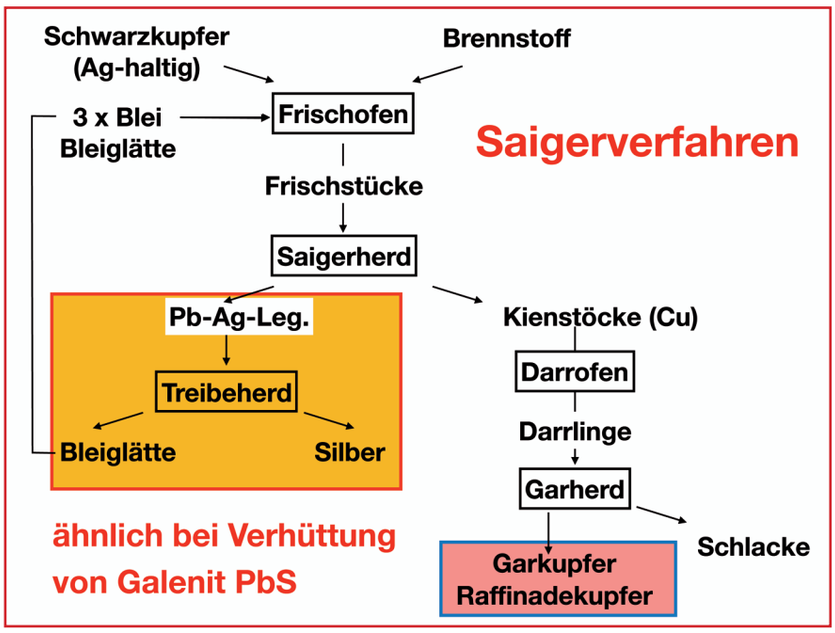


Bild 8: Saigerverfahren zur Gewinnung von Silber und Garkupfer aus Rohkupfer

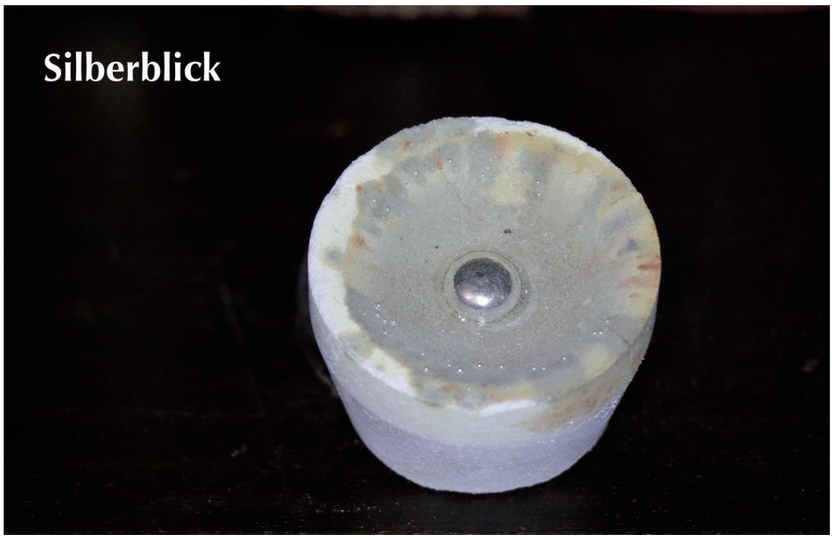


Bild 9: Kupelle mit Silberperle

gespült wurde. Immer wieder wurde das Sieb in das Wasser eingetaucht, wobei die leichteren Partikel der Gangart über den Rand geschwemmt wurden. Die schwereren Erzpartikel hingegen setzten sich im Sieb ab.

Das Prinzip der Schweretrennung wurde auch in den Schlämmgräben zur Trennung grober Pochmehle genutzt. In geneigten Holztrögen wurde fließendes Wasser, der Trübestrom, über das Stoffgemisch geleitetet. Schwere Erzpartikel setzen sich gleich oben ab, leichtere Gangartteilchen wurden vom Wasser weiter nach unten transportiert. Durch mehrere Durchgänge wurde eine gute Trennung erreicht.

Feinere Körnungen des Pochmehls wurden in Herden getrennt, die ähnlich aufgebaut waren. Das Wasser floss hier auf längliche Holzplatten, die mit Leinentüchern bekleidet waren, über das Pochmehl. Der Anstellwinkel der Platten ließ sich ändern, wodurch die Fließgeschwindigkeit des Wassers reguliert werden konnte. Das Erz setzte sich auf den Tüchern ab.

Eine Weiterentwicklung war der sog. Stoßherd. Hier führten rhythmische Rüttelbewegungen, zur Aufwirbelung des Gemisches. Schwere Teilchen sanken nach unten, leichte wurden darüber weggespült. Eine deutlich effektivere Trennung wurde erreicht.

Im 19. Jahrhundert wurden hydraulische Setzmaschinen entwickelt, die nach einem ähnlichen Prinzip wie das o.g. Stauchsetzsieb arbeiteten. Dabei wurde das Wasser über einen Kolben durch ein hier feststehendes Sieb gedrückt, auf dem sich das zu trennende Stoffgemisch befand. [6, 7, 8, 9]

Vom Kupfererz zum Rohkupfer

Die so vorbereiteten Erze wurden dann in die Metallhütten gebracht und auf die einzelnen Metalle hin verarbeitet. In vielen Fällen handelte es sich um vergesellschaftete Erze, so dass zwei oder mehr Metalle aus einem Erz gewonnen werden konnten. Beispielhaft soll dies hier für die Kupfererze betrachtet werden. Verhüttet wurde vor allem Kupferkies (Chalkopyrit, $CuFeS_2$, Bild 6), vereinzelt aber auch andere sulfidische Kupfererze. Aufgrund des Schwefels erfordert die Verhüttung mehrere Schritte, die sich in zwei große Prozesse gliedern lassen. In einem ersten Prozess wurde Roh- bzw. Schwarzkupfer gewonnen (Bild 7), das – wenn das Produkt noch Silber enthielt – an Saigerhütten geliefert wurde. Dort wurde dann in einem zweiten Prozess das noch enthaltene Silber gewonnen und ein raffiniertes Garkupfer erhalten (Bild 8). Die Gewinnung von Roh- bzw. Schwarzkupfer umfasste folgende Prozesse (Bild 7) [5, 6,10]:

- **Rösten:** Das Erz wurde zunächst mit dem Ziel der Abtrennung des Schwefels geröstet. Schwefel und Luftsauerstoff verbinden sich dabei SO_2, dem giftigen Hüttenrauch.
- **Schmelzarbeit** (Rohsteinschmelzen): Die nachfolgende Schmelzarbeit diente dazu, im entstandenen Gemisch aus Kupferstein (Cu_2S), Eisensulfid (FeS) und Eisen(III)-oxid (Fe_2O_3) mit Hilfe von Sand und Kohlenstoff den Eisengehalt zu senken – Eisen aus dem Eisenoxid sammelt sich als Eisensilikat (Fe_2SiO_4) in der Schlacke.
- **Verblasen:** Das ebenfalls enthaltene FeS wird dabei gleichzeitig durch Sauerstoff verblasen. Dabei entstehendes FeO wird wiederum durch Sand (SiO_2) verschlackt, Schwefel wird zu SO_2 umgesetzt.
- **Schlackenblasen** (Schwarzkupferarbeit): Als Zwischenprodukt entsteht silberhaltiger Kupferstein (Cu_2S), dessen Schwefelgehalt einem weiteren Schritt, dem Schlackenblasen, nun noch weiter weiter abgesenkt wird. Schwefel wird auch hier zu SO_2 umgesetzt. Im Ergebnis sind danach zwei Drittel des Kupfersteins zu Kupfer(I)-oxid Cu_2O umgewandelt. Zudem wird noch enthaltenes Eisen mit Quarz in eine Schlacke überführt.
- **Garblasen** (Garmachen, Raffination): Der letzte Schritt ist das das Garblasen, bei der noch verbliebene Kupferstein (Cu_2S) mit dem zuvor gebildeten Kupfer(I)-oxid Cu_2O zu Kupfer und SO_2 umgesetzt wird. Verunreinigungen können auch hierbei noch in einer Schlacke abgezogen werden, ggf. durch Zusatz von Sand.

Das so gereinigte Kupfer heißt nun Roh- bzw. Schwarzkupfer. Es hat einen Kupfergehalt von 95 % und enthält je nach Erzqualität noch Anteile anderer Elemente, wie Eisen oder Zink, aber – wie im Erzgebirge – auch nicht unbedeutende Mengen an Silber. [6]

In Lautenthal im Harz wurde sogar ein Kupfer mit einer Reinheit von rund 98 % erzielt. Da hier kaum Silber enthalten war, lohnte sich in diesem Fall ein Saigern nicht. [10]

Garkupfer aus dem Saigerverfahren

Das silberhaltige Rohkupfer des Erzgebirges wurde hingegen in einer Saigerhütte weiter verarbeitet, um das Silber abzutrennen. Auch hier waren wieder mehrere Prozessschritte notwendig (Bild 8) [5, 6,11]:

- **Frischen:** Beim ersten Schritt, dem Frischen, wurde das silberhaltige Rohkupfer mit der dreifachen Menge Blei (bzw. Bleiglätte PbO) reduzierend geschmolzen. Dadurch wird das Silber im Blei gelöst, das Kupfer wird silberarm. Diese Mischung erstarrt dann in Scheibenform als Frischstück.
- **Saigern:** Beim Saigern handelt es sich um das eigentliche Trennen, basierend auf unterschiedlichen Schmelzpunk-

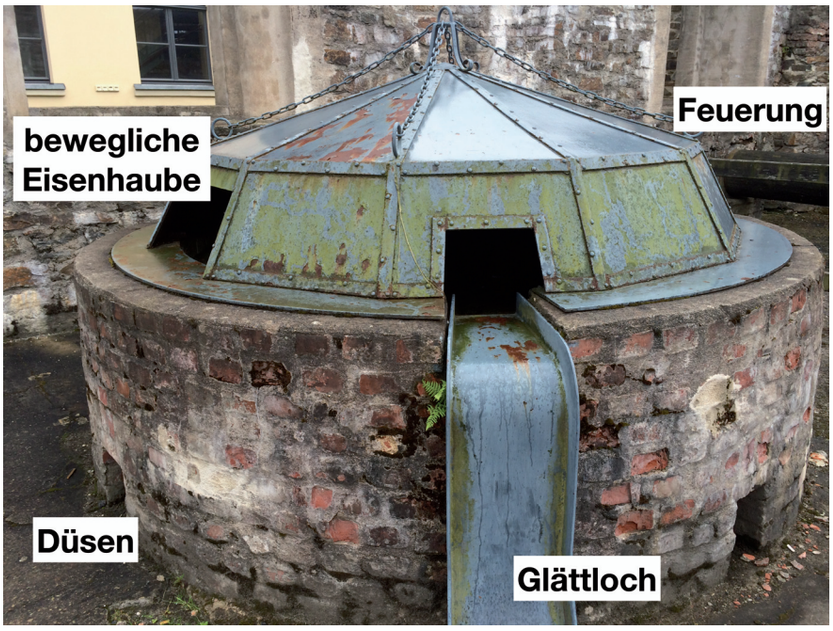


Bild 10: Treibofen, zu sehen in der Grünthaler Saigerhütte

ten der einzelnen Bestandteile. Dieser Prozess erfolgt in einem Saigerofen und bewirkt ein effektives Ausschmelzen des silberhaltigen Bleis. Die so entstehenden silberarme Kupferstücke, die Kienstöcke genannt wurden, haben dann einen Restsilbergehalt von nur noch etwa 0,02 %.

Danach trennten sich die Wege des silberhaltigen Werkbleis und der Kienstöcke aus Kupfer.

Die Kienstöcke wurden durch zwei aufeinander folgende Schritte zu raffiniertem Garkupfer verarbeitet:

- **Darren:** Hierbei wurden die Kienstöcke zunächst aufgestapelt und ein starkes Holzfeuer entfacht. Die Flammen wurden durch den Kupferstapel gelenkt, wodurch noch vorhandene Verunreinigungen, insbesondere noch anhaftendes Blei abschmolz.
- **Garen:** Die im ersten Schritt entstandenen Darrlinge wurden dann nochmals unter starker Luftzuführung eingeschmolzen. Etwaige, noch vorhandene Verunreinigungen sammelten sich in einer Schlacke und konnten aus dem muldenförmigen Garherd abgezogen werden. Das so gereinigte, d.h. raffinierte Garkupfer, wurde anschließend weiterverarbeitet, beispielsweise zu Dachkupfer. [5, 6,11]

Der Silberblick

Das Silber aus dem Werkblei hingegen wurde im Treibprozess gewonnen (Bild 8). Erklären lässt sich der Prozess gut mit dem Verfahren, mit dem im Rahmen der Probierkunde, der sog. Dokimasie (griechisch für Prüfung) der Silbergehalt eines Bleierzes bestimmt wurde. Verwendet wurde dafür der im Bild 9 gezeigte Tiegel aus Knochenasche, die sog. Kupelle (mitunter auch in anderen Gegenden Kapelle genannt). In die Vertiefung wurde die Probe eingebracht und dann stark erhitzt. Dabei oxidierte das Blei, es bildete sich Bleiglätte PbO, Silber hingegen reagiert nicht.

Bleiglätte ist recht dünnflüssig und wird daher von der Knochenasche aufgesogen. Ist das gesamte Blei oxidiert, bleibt das Silber übrig. Dies ist gut zu sehen in der Mitte der Kupelle im Bild 9. Das zu beobachtende bläuliche Aufleuchten des Silbers in der Flamme ist der legendäre „Silberblick“. [12]

Im Treibherd (Bild 10) lief es prinzipiell genauso, nur im größeren Maßstab: Dieser Flammofen mit kesselförmigem Herd ist ebenfalls mit Knochenasche ausgekleidet und wird von außen beheizt. Über Düsen kann Luft eingeblasen werden. Der Ofen kann durch eine beweglicher Eisenhaube verschlossen werden. Hier wird nun das beim Saigern erhaltene Blei-Silber-Gemisch eingeschmolzen. Grobe Verunreinigungen lassen sich gleich nach dem Aufschmelzen von der Oberfläche entfernen. Es wird weiter beheizt, bis die Schmelze eine helle Farbe zeigt. Dann bläst man über die Düsen Luft in den Ofen, wodurch das flüssige Blei oxidiert wird. Durch den Luftstrom wird der größte Teil der entstandenen, dünnflüssigen Bleiglätte durch das Glättloch herausgedrückt, ein Teil wird von der Auskleidung aufgesaugt. So wird nach und nach das gesamte Blei entfernt, bis leuchtendes Blicksilber mit einer Reinheit von 90 bis 95 % erkennbar wird. Noch enthaltene Verunreinigungen müssen durch das Feinbrennen, einen weiteren Oxidationsschritt entfernt werden. [5, 6, 11]

Die erzgebirgischen Silberhütten verwendeten Blei anfangs nur für das Sil-

Bild 11: Mauern der Langen Hütte in der Grünthaler Saigerhütte, im Hintergrund noch erhaltene Gebäude

Bild 12: Denkmal von Barbara Uthmann auf dem Annaberger Marktplatz

berschmelzen. Viel Blei ging zudem beim Treibeprozess als Flugstaub verloren. Erst ab 1600 wurde Blei als Hüttenprodukt interessant. [5]

Saigerhütte Grünthal

Das Saigerverfahren selbst war um 1430 in der Nähe Nürnbergs entwickelt worden. Bereits 1471 führten die Nürnberger Kaufleute Nickel Thiele (mitunter auch Tyle geschrieben) und die Gebrüder Schütz das Verfahren im Erzgebirge (Chemnitz) ein. Sie verloren aber relativ schnell das Interesse, da es ihnen nicht gelang, das Monopol über den böhmischen und sächsischen Kupferbergbau zu erlangen. [13, 14, 15, 16] Ein Privileg aber hatte sich der Annaberger Bergzehntner Heinrich von Elterlein gesichert. Ab 1530 arbeitete Elterlein mit dem Bergmeister Hans Leonhardt (auch Linhart geschrieben) zusammen, der ihm auch verwandtschaftlich verbunden war. Leonhardt siedelte 1537 nach Freiberg über und erwarb dort Berganteile. Er wurde reich und fasste den Beschluss, ein Saigerhüttenwerk in „Grienenthal“ zu erreichten (Bild 11). Von den Gebrüdern Berbisdorf auf Lauterstein wurde Leonhardt mit einem Gelände oberhalb von Olbernhau zum Bau dieser Hütte belehnt und erhielt zudem diverse Privilegien. Der Platz war gut gewählt, denn im Erzgebirge herrschte in jenen Tagen bereits Holz- und Wasserknappheit. Daher war der relativ abgelegene Standort trotz hoher Transportkosten sinnvoll, denn hier gab es ausreichend Wald und gleich zwei Flüsse: Flöha und Natzschung.

Doch beim Bau und Anlauf der Hütte geriet Leonhardt in finanzielle Schwierigkeiten. Er musste Vertreter des Augsburger Handelskapitals als Partner anwerben, mit denen er eine Saigerhandelsgesellschaft gründete. Doch selbst dann wollte sich das Glück nicht einstellen, das Hüttenwerk erreichte nicht die erhoffte Wirtschaftlichkeit. Geldverluste führten zu jahrelangen Prozessen mit dem Hauptgesellschafter Georg Österreicher, der Leonhardt auch mit Tricks und Gewinnunterschlagungen hereingelegt hatte. Das alles sollte für Leonhardt nicht gut enden: 1547 musste er musste er seine Anteile am Hüttenwerk abtreten. [6,13, 15] Bereits ein Jahr später starb er hochverschuldet. Doch auch die verbliebenen Gesellschafter gerieten bald in finanzielle Nöte, da die Hütte noch immer nicht effektiv lief. Gründe dafür waren u. a. die noch unerfahrene Belegschaft und die mitunter nicht ausreichende Qualität der Einsatzstoffe.

1550 kaufte Christoph Uthmann, ein sehr erfolgreicher Bergbauunternehmer aus Annaberg die Grünthaler Saigerhütte. Ihm gelang es, ein Monopol zum Aufkauf des Schwarzkupfers aller Kupferhütten im Kurfürstentum Sachsen auszuhandeln. Doch schon drei Jahre später starb Uthmann überraschend im Alter von nur 46 Jahren. Seine Witwe Barbara Uthmann, eine Tochter Heinrich von Elterleins, (Bild 12) übernahm zusammen mit ihren Söhnen Heinrich und Paul die Geschäfte. Barbara Uthmann schaffte es, in zähen Verhandlungen bis 1567 das Monopol zum Aufkauf des silberhaltigen Schwarzkupfers zu behalten. Stetige Erweiterungen prägten diese Jahre. 1562 wurde die lange Hütte gebaut, die leider 1952 abgerissen wurde. Doch ihre Mauern sind frei zugänglich und vermitteln, zusammen mit eine interessanten Ausstellung, auch heute noch einen Eindruck von dem imposanten Gebäude mitsamt dem umgebene Gebäudekomplex (Bild 11). Vier Metallhämmer (Bild 13) arbeiteten zeitweilig in Grünthal und erzeugten Kupferbleche, die als Dachkupfer verkauft wurden.

Bild 13: Kupferhammer in der Grünthaler Saigerhütte

Das andere Produkt, das die Uthmanns reich machte, war Silber. Dabei nutzten sie geschickt eine Gesetzeslücke: Das historische Bergregal forderte, das aus „Silbererzen“ gewonnene Silber zu einem von Landesherrn festgesetzten Preis an dessen Münzen zu liefern. Diese Abgabepflicht galt für Kupfererze nicht, hier war nur der Zehnte zu entrichten. Alle in den Kupferzen enthaltenen Metalle durften frei verkauft werden. Doch letztlich merkte dies auch Kurfürst August: Zunächst ließ er sich von Barbara Uthmann jährlich zusätzlich zum Zehnten 500 Gulden zah-

Bild 14: Dresden – Grünthaler Kupfer auf dem Übergang vom Schloss zur katholischen Hofkirche, Beleg für die gute Formbarkeit

len, 1567 schließlich erzwang er den Verkauf der Saigerhütte durch Ablehnung des Kupferprivilegs. Selbst wenn Barbara Uthmann mit Verlust verkaufen musste, ließ sie sich nicht entmutigen. Sie entwickelte ein neues Geschäftsmodell als Verlegerin von Borten und Klöppelspitzen. Zeitweilig beschäftigte sie 900 Bortenwirkerinnen, die in Heimarbeit fertigten. Uthman organisierte den Verkauf der Produkte [6, 13, 15, 17, 18, 19]

Grünthaler Dachkupfer für Europa

Berühmt wurde das Grünthaler Dachkupfer, da es sich auf zahlreichen, bekannten Dächern findet. Über 400 Bauwerke in Europa tragen ein Dach aus Grünthal (Bild 14). Dazu gehören das Münster in Ulm, die Dome in Magdeburg und Naumburg, der Stephansdom in Wien, die Newski-Kathedrale von Sofia, die Dresdener Hofkirche, das Nationaltheater in Weimar, das neue Rathaus in München oder die Schlösser Charlottenburg und Pillnitz. Auch die Dresdner Frauenkirche trug ein solches Dach. Die weite Verbreitung erklärt sich mit den Eigenschaften: Das Grünthaler Dachkupfer galt als weich und gut zu verarbeiten, es gewährleistete eine hervorragende Formgebung. Bereits nach kurzer Zeit setzten die Bleche aufgrund ihrer Zusammensetzung die gewünschte Patina an. [20]

Die begehrten Kupferbleche entstanden im Hammerwerk des Saigerhüttenbetriebs (Bild 13). 1711 soll Zar Peter der Erste auf dem Hammer geritten sein, was jedoch nicht belegt ist. Vielleicht war es auch der Zarensohn Alexej Petrowitsch im Juli 1710.[14, 21]. Die Saigerhütte war nun für mehr als 300 Jahre in staatlicher Hand. Zwar kam es 1583 durch Kurfürst August zur Verlegung der Saigerhütte nach Dresden. Die damit einhergehende Stilllegung der Grünthaler Hütte war jedoch 1587, ein Jahr nach dem Tode Augusts, bereits wieder Geschichte. Die Anlagen in Dresden wurden geschlossen, die Produktion erfolgte wieder im Erzgebirge. In Grünthal wuchs langsam eine kleine Stadt, die ab 1656 von einer hohen Mauer geschützt wurde. Von der Siedlung sind heute noch 22 Gebäude erhalten, eines dient als Hotel. Das eingesetzte Schwarzkupfer stammte überwiegend aus dem sächsisch-böhmischen Erzgebirge, aber auch aus dem Mansfelder Kupferschiefer-Bergbau. Nachlassende Erzlieferungen im Dreißigjährigen Krieg brachten eine Krise, die durch staatlichen Eingriff beendet wurde: Kurzerhand wurde anderen Hammerwerken das Verarbeiten von Kupfer verboten, die Saigerhütte war – wieder einmal – gerettet.

Weitere Auf und Abs prägten in den Folgezeiten das Geschäft: So sank der Kupferpreis deutlich, hinzu kam Konkurrenz aus Thüringen. Immer wieder gab es Hochwasser... Doch ab 1800 ging es wieder aufwärts, Grünthal wurde zur Münzprägeanstalt für Kupfermünzen. Produziert wurden zudem verschiedene Kupferwaren.

Doch die Tages des Saigerns waren gezählt, als 1846/47 in Muldenhütten neue Verfahren zur Verhüttung der Erze eingeführt wurden. 1853 kam das Ende für das Sai-

Bild 15: Kupferborten – vergoldet, versilbert, zementiert

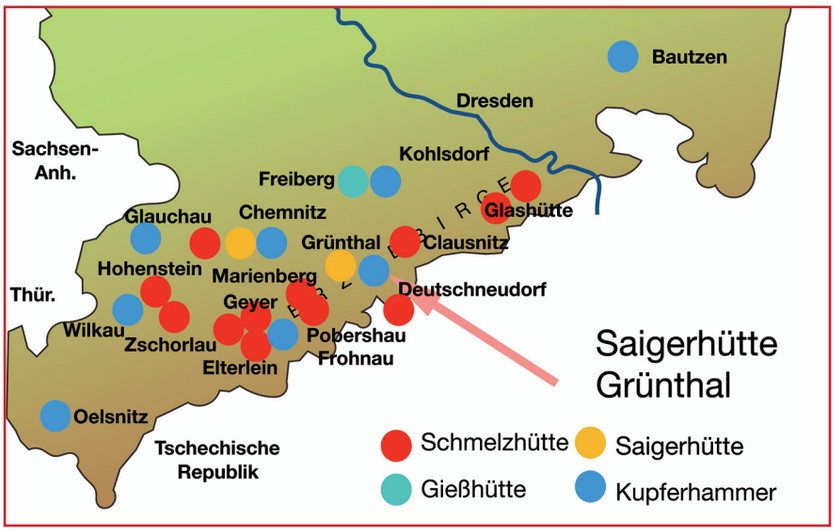


Bild 16: Historische Standorte der Kupferverhüttung in Sachsen

gern, 1873 wurde die Hütte an den Unternehmer Franz Adolf Lange verkauft. Für den Schwiegersohn des in der Kupferwelt als Erfinder des Neusilbers gut bekannten Chemikers Ernst August Geitners war dies durchaus interessant, denn die Hütte war recht modern. So betrieb sie bereits 1847 ein erstes mit Wasserkraft betriebenes Blechwalzwerk im ehemaligen Doppelhammer, 1859 ging ein zweites Walzwerk in Betrieb.

Die Firma „Sächsische Kupfer- und Messingwerke F. A. Lange" wurde stetig erweitert, neu eingerichtet wurden ein weiteres Walzwerk und eine Drahtzieherei. Um 1900 wurde in der Nachbarschaft Kohle entdeckt, die die Brennstoffversorgung sicherte. Das 20. Jahrhundert brachte wechselhafte Entwicklungen, insbesondere einen Aufschwung im 2. Weltkrieg durch Rüstungsaufträge. Es folgte die Demontage, später entstanden aus den Resten die Sächsischen Blechwalzwerke Olbernhau, die bis 1990 Stahlbleche herstellten. [6, 14]

Produkte und Legierungen

Das gewonnene Kupfer fand sich nicht nur in Blechen, sondern auch in Legierungen, wie z.B. Bronze für Kanonen oder Glocken. Messing wurde bis ca. 1800 durch Messingbrennen erzeugt, da bis dahin noch kein Zinkmetall verfügbar war. Dazu wurde das Zinkerz Galmei $Zn[CO_3]$ zu zwei Teilen mit einem Teil Kupfer mit Holzkohle in Schmelztiegel gebracht und auf 900 °C bis 1.000 °C erhitzt. Der entstehende Zinkdampf diffundiert in das Kupfer, wodurch sich ein Messing mit bis zu 33 % Zink ergibt. Das Zementation genannte Verfahren wurde auch genutzt, um Spitzen und Borten, ebenfalls ein wichtiges Produkt des Erzgebirges, aus Kupferdraht golden erscheinen zu lassen (Bild 15). [22]

Die Erfindung des Neusilbers durch Geitner erfolgte 1823 genau zu rechten Zeit: Die neue, feste silberglänzende Legierung ließ sich gut zur Fertigung von Bestecken und auch von Musikinstrumenten einsetzen. Zugleich aber brachte sie auch einen sinnvollen Verwendungszweck für das meist als Verhüttungsabfall auf Halde verkippte Nickel, das sich in den Kobalterzen fand. [6]

Neben den genannten Kupfererzeugnissen kamen zahlreiche, begehrte Metallprodukte aus Harz und Erzgebirge: Silber diente fast ausschließlich als Münzmetall, wurde aber Herstellung von Schmuck und Kunst verwendet. Blei brauchte man für Rohre, Dachdeckungen oder Fenstermetall, Zinn hingegen für Geschirr, Trinkbecher und als Legierungsmetall, später auch für Tuben. Kobalt hingegen, das nur aus dem Erzgebirge kam, revolutionierte die Welt mit bunten Farben, wie Thenards Blau ($CoAl_2O_4$), Rinnmanns Grün (CoO+ZnO) oder Kobaltgelb (einem Cobaltkaliumnitrit).

Literatur, Quellen, weiterführende Informationen:

[1] Teil 1: Kammer, C.: Harz und Sachsen: Wie Metallbergbau und -nutzung den Aufstieg der Regionen ermöglichten und bis in die Gegenwart positiv beeinflussen, Teil 1 – Berggeschrey in Erzgebirge und Harz, METALL 74(2020) 1/2, S. 24/31

[2] Dr. Th. Witzke, K. Thalheim, A. Massanek ERZGEBIRGE I - Minerale mit einer Typlokalität in Sachsen, bode-Verlag, „Edition Sachsenschätze", 2019

[3] Thalheim, K., Der Schneeberger Silberfund von 1477, S. 24-29 sowie Berühmte Silberstufen aus Schneeberg, S. 74 – 76, beide in LAPIS, 30(2005)7/8

[4] O. Wagenbreth, E. Wächtler: Bergbau im Erzgebirge, Technische Denkmale und Geschichte. Kap. Entstehung und Bau der erzgebirgischen Erzlagerstätten, Springer Spektrum, 2012, S. 11/22

[5] O. Wagenbreth, E. Wächtler: Bergbau im Erzgebirge, Technische Denkmale und Geschichte. Kap. Grundzüge der erzgebirgischen Hüttentechnik, Springer Spektrum, 2012, S. 84/91

[6] R. Hermann: Sächsisches Hüttenwesen: Schauplätze - Verfahren - Geschichte (German Edition) . Verlag Robin Hermann. Kindle-Version.

[7] O. Wagenbreth, E. Wächtler: Bergbau im Erzgebirge, Technische Denkmale und Geschichte. Kap. Aufbereitung, Springer Spektrum, 2012, S. 76/80

[8] Bergbaumuseum Altenberg, 550 Jahre Bergbautätigkeit, https://www.altenberg.de/bergbaumuseum-erzgebirge/ Abruf 9.2.2020

[9] Eisel, F.: Sachsens Museen & Schauanlagen des Berg- und Hüttenwesens. Husum Verlag, 2007, S. 12/13

[10] W. Ließmann: Kupfererzbergbau und Wasserwirtschaft. Zur Montangeschichte von Bad Lauterberg/Südwestharz. W. Lampe: Kupferverhüttung, Mecke Druck und Verlag, Duderstadt, 2001S. 314/320

[11] Museum Saigerhütte Grünthal, Schautafel B, Lange Hütte, Darstellung des Produktionsprozesses, Stand 2018

[12] C. Kammer: Hüttentechnisches Praktikum, Berg- und Hüttenschule Clausthal, 1995

[13] Museum Saigerhütte Grünthal, Schautafeln zur Hüttengeschichte, Stand 2018,

[14] Thilo Schönherr, Videoproduktion 2007: Was bleibt, ist Erinnerung, 453 Jahre Montanindustrie in Olbernhau, erhältlich im Museum Saigerhütte Grünthal,

[15] G. Arnold: 450 Jahre Geschichte der Metallurgie in Olbernhau, in „Kupfer, Silber, Stahl – Beiträge zur Geschichte der Metallurgie", Hrsg. Museen der Stadt Olbernhau, 1988

[16] O. Wagenbreth, E. Wächtler: Denkmale des Edelmetall- und Buntmetallhüttenwesens, in Technische Denkmale in der Deutschen Demokratischen Republik, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 4. Aufl., 1983, S. 88/90

[17] B. Lahl: Barbara Uthmann, ihr Leben, ihre Stadt und ihre Zeit. Chemnitzer Verlag, 2014

[18] R. Hastedt: Barbara Uthmann, Greifenverlag zu Rudolstadt, 1987

[19] S. Berndt: Frauenorte in Sachsen, Barbara Uthmann, https://www.frauenorte-sachsen.de/die-frauen/barbara-uthmann/ Abruf 9.2.2020

[20] Die Verbreitung von Grünthaler Dachkupfer in Europa, in „Kupfer, Silber, Stahl – Beiträge zur Geschichte der Metallurgie", Hrsg. Museen der Stadt Olbernhau, 1988

[21] B. Lahl: Der sagenhafte Ritt auf dem Hammer. in: Alles kommt vom Bergwerk her, Chemnitzer Verlag, 6. Aufl., 2017, S. 78/79

[22] C. Kammer: Kupfer und seine Legierungen, Fachschule für Wirtschaft und Technik Clausthal, 2020

Hinweis: Informationen zum Museum für Besucher siehe https://www.olbernhau.de/de/museum-saigerhuette-zentrale-ausstellung sowie https://www.industriekultur-in-sachsen.de/informieren/wissensportal/standorte/details/saigerhuette-olbernhau-gruenthal/

(1) Dr.-Ing. Catrin Kammer, METALL, Fachschule für Wirtschaft und Technik, Bergschule Clausthal-Zellerfeld, Langfassung des Plenarvortrags auf dem 16. Kupfersymposium, 21. November 2019 in Dresden