

Die Bleiberger Erz-Aufbereitung im Wandel der Zeit

von Andreas OBERRAUNER

Abstract

Der vorliegende Aufsatz stellt die geschichtliche und technische Entwicklung der Aufbereitungsverfahren des Blei- und Zink-Bergbaus Bleiberg in Kärnten (Österreich) dar und versucht, die wichtigsten Erneuerungen, Umbauten und technischen Entwicklungen von der vorindustriellen Zeit bis zur Schließung des Bergbaus Ende des 20. Jahrhunderts zusammenzufassen. Die wichtigsten Betriebsanlagen werden beschrieben, aus historischen Quellen werden Verfahrensschritte rekonstruiert und die Vorteile und Grenzen der jeweils eingesetzten Aufbereitungstechniken werden betrachtet.

Einleitung

Die Aufbereitung stellt seit jeher eine Schlüsselstelle zwischen dem Gewinnungsbergbau und der nachfolgenden Weiterverarbeitung der Bergbauprodukte dar, indem sie aus einem vom Bergbau geförderten Rohgut (Hauwerk) mit natürlich schwankenden Eigenschaften vermarktungsfähige Produkte mit definierten Qualitätsmerkmalen herzustellen trachtet. Die Aufbereitungstechnik bedient sich für die Sortierung klassischerweise an Methoden und Verfahren, die die physikalischen Unterschiede gemeinsam in einer Lagerstätte vorkommender Minerale nutzt, um diese voneinander zu trennen. Das Aufschließen, also das Freilegen der einzelnen Mineralphasen für die Sortierung erfolgt durch Zerkleinerung.

Die Aufbereitung von Erzen zur Metallgewinnung hat das Ziel, die in einer Lagerstätte vorkommenden und wirtschaftlich gewinnbaren Wertminerale

durch physikalische Methoden in verhüttungsfähigen Konzentraten anzureichern und dabei möglichst hohes Ausbringen anzustreben, wobei die Begriffe „Anreichern“ und „Ausbringen“ in einem gewissen Gegensatz zueinander stehen: Maximale Anreicherung bedeutet nämlich, nur die reinsten Mineralkörner zu verwerten, maximales Ausbringen jedoch meint, den größten Anteil des betrachteten Minerals aufzubereiten und Nebengestein im Wertmineralprodukt dafür in Kauf zu nehmen. Der verfahrenstechnisch beste Kompromiss ist jener, bei dem der Rohgutwert, also letztlich der Bergbauerlös, maximiert wird.

Eine weitere Aufgabe der Erzaufbereitung ist die Lösung der Bergewirtschaft, d.h. das Erarbeiten der gesamtwirtschaftlich günstigsten Methoden zur Verbringung der nicht mehr wertmineralhaltigen Abgänge aus der Aufbereitung, wie z.B.:

- Verhalden grobkörniger Bergeprodukte,
- Erzeugen von Versatzmaterial,
- Deponieren von feinkörnigen Abgängen in Bergeteichen oder in früheren Zeiten auch Einleiten in die Vorflut.

Die Aufbereitung hat sich dabei ständig zu bemühen, die Menge der Abgänge möglichst gering zu halten und auch Produktnischen für diese Stoffströme zu finden bzw. zu entwickeln, um so die Wirtschaftlichkeit der Bergbautätigkeit insgesamt weiter verbessern zu können.

Die in Bleiberg angewandten Verfahren der Erz-Aufbereitung bildeten weitgehend die klassische Entwicklung der Aufbereitungstechnik bis zum Ende des 20. Jahrhunderts ab. Brechen, Klassieren, Sortieren nach unterschiedlichen physikalischen Merkmalen und Hilfsprozesse, wie Probenahme und Fest-Flüssig-Trennung sind die Kernbereiche der Aufbereitung. Techniken aus all diesen Verfahrensbereichen fanden im Bleiberg Bergbau Anwendung seit Anbeginn der Gewinnungstätigkeit.

Vorindustrielle Epoche

Nachweislich seit dem Mittelalter (die erste urkundliche Erwähnung erfolgte 1333) wurden in Bleiberg Blei- und Zinkerze abgebaut. Die alpine Lagerstätte gehört, wie jene des Mississippi-Valley-types, zu den karbonatgebundenen Blei-Zink-Lagerstätten,¹ die hauptsächlich gewonnenen Wertminerale sind Bleiglanz (Galenit - PbS), Zinkblende (Sphalerit - ZnS) mit teils ansehnlichen Gehalten an Cadmium und Germanium,² sowie Galmei (Smithsonit - $Zn(CO_3)$) und fallweise Gelbbleierz (Wulfenit - $Pb(MoO_4)$). Die Gangart besteht vorwiegend aus Karbonaten, selten auch aus Quarz. Weiters kommen Pyrit, Markasit, Cerussit, Schwerspat und Gips in technisch relevanten Mengen vor.

Aufbereitung von Erzen verfolgt immer das Ziel, verhüttungsfähige Konzentrate herzustellen. Dies bedeutet, es müssen angereicherte Produkte mit möglichst gleichbleibend hohen Wertmetallgehalten, niedrigen Schadstoffanteilen und passender Korngröße angestrebt werden. Die Reduktion von Blei aus Bleiglanz ist seit vorgeschichtlicher Zeit bekannt, was im Kärntner Raum eindrucksvoll durch die Funde im hallstattzeitlichen Gräberfeld von Frög bei Rosegg belegt wird. Dies ist jedoch nicht so bei Zink, welches erstmals im 16. Jahrhundert als Metall isoliert werden konnte und erst 1743 aus Galmei verhüttet wurde. Die gezielte Aufbereitung von Zinkerzen erfolgte in Bleiberg daher bedarfsorientiert erst ab circa 1870.³ Erstmals dokumentiert wird die Zinkgewinnung im Betriebsbericht 1874, aus dem hervorgeht, dass „diesjährig auch der Zinkerzgewinnung im Bleiberg Bergreviere eine erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet wird“.⁴

An anderer Stelle, nämlich im Betriebsbericht für 1877, ist darüber zu erfahren, dass „letztjährig auch eine beträchtliche Menge Haldengut aus den Fuggerthaler-Halden nach von Rittinger entwickelten Aufbereitungsprincipien sortirt und concentrirt und dadurch günstigere Betriebsresultate bei der Zinkerz-Haldenverwerthung, als früher erzielt wurden“.⁵

Das Trennmerkmal, welches am offensichtlichsten für die Herstellung von Blei- und Zink-Konzentraten ausgenützt werden konnte, ist die Stoffdichte (Bleiglanz: 7,4 bis 7,6 g/cm³; Zinkblende: 4,1 bis 4,3 g/cm³; Calcit/Dolomit: ca. 2,9 g/cm³). Daher wurde die Sortierung des Erzes zielgerichtet darauf abgestimmt, d.h. nach Zerkleinerung und ggf. vorgeschalteter Handklaubung gröberer „Erzstufen“ erfolgte die Anreicherung nach der Dichte des Aufgabegutes durch Setz-, Herd- und Rinnenarbeit.

Ursprünglich erfolgte die Aufbereitung reicher Bleierze durch händische Zerkleinerung, Handklauben und Handsetzen vor Ort, meist direkt vor den Stollenmundlöchern oder in Waschhäusern, wobei das Handsetzen mit Setzsieben erfolgte, die in einen Bottich gestaut wurden.

Die groben Erze wandern bei dieser Technik aufgrund ihrer höheren Dichte nach und nach in die tieferen Lagen des verwendeten Setzsiebes, die leichtere Gangart gelangt an die Oberfläche des Setzbettes, wo sie nach der so erfolgten Separation abgetrennt werden kann. Das feine Fassgut, also Erz- und Hauwerkstücke, welche die Siebmaschen der engmaschigsten Setzsiebe passierten und im Bottich sedimentierten, wurden gemeinsam mit verwachsenen Körnern und Zwischenprodukten in meist weiter entfernt gelegenen Pochwerken und Erzmühlen zerkleinert und in Rinnen bzw. durch händische Feinsetzarbeit weiter angereichert. Eine ausführliche Beschreibung des Setzvorganges bzw. der zahlreichen Zwischenschritte mitsamt den Verfahrensstufen von der Grobkornverarbeitung am „Reibesieb“ bis zum Fassgut des „Haarbodensiebs“ – der *röschen Letten* – gibt A. Weiss (2004).⁶

Die für die Konzentrate bzw. für die Verhüttung angestrebte „Erbsen-größe“ der Körner wurde vor allem auf Erzmühlen erreicht. Diese bestanden aus zwei horizontal gelagerten Mühlsteinen, ähnlich jenen für Getreidemühlen, mit zentraler Aufgabe des Rohgutes durch ein Loch im oberen, rotierenden „Läufer“. Dieser konnte zur Spalteinstellung gehoben werden.⁷ Das zerkleinerte Aufgabegut wanderte radial nach außen und wurde nach einer eventuellen Nachklassierung weiterverarbeitet. Die

ebenfalls in Bleiberg betriebenen Nasspochwerke entlang der Bäche (v.a. Nötschbach und Weißenbach) dienten ebenfalls mehr oder weniger erfolgreich dem weiteren Aufschluss von verwachsenen Bleierzen und geringerhältigen Zwischenprodukten.

Die sowohl wirtschaftlich als auch berg- und aufbereitungstechnisch prekäre Lage der vereinzelt im Tal angesiedelten Gewerke Mitte des 19. Jahrhunderts – insbesondere die schwierige Wasserhaltung in den Gruben erforderte umgehendes Handeln – führte 1867 zur Gründung der Bleiberger Bergwerks Union, also zu einem Zusammenschluss dieser mehr oder minder großen Einzelunternehmer zu einer Gesellschaft, und damit zur Zentralisierung der Gewinnungstätigkeit in Form einer Aktiengesellschaft. Nach anfänglichen Schwierigkeiten (Bleiberg bestand zur Zeit der Gründung der BBU aus 995 Grubenlehen, 424 davon waren im Besitz der acht sich zur Union zusammengeschlossenen Gewerke und nur 16 gehörten zur Gänze dem Unternehmen)⁸ zeigte sich bald die Richtigkeit dieser Vorgehensweise durch die nun mögliche Fertigstellung des schon um 1790 angeschlagenen Kaiser Leopold-Erbstollens,^{*} dem Anfahren eines tieferliegenden Erbstollens 1894, welcher ins Drautal entwässern sollte, sowie der Errichtung von zentralen Aufbereitungsanlagen 1887 beim neu abgeteuften Rudolfschacht und ab 1906 beim Antonischacht in Bleiberg/Kreuth.⁹

Die Zentralaufbereitung Rudolfschacht von 1887

Die erste Zentralaufbereitung am Rudolfschacht bestand aus einer nassmechanischen Abteilung, welche das Erz aus den Bleiberger Gruben – namentlich Rudolf, Friedrich, Franz Joseph (Ost) und Sektion XIII – verarbeitete. Die Erze mit nur geringem Zinkblendeanteil, dafür häufigerem Auftreten von Schwerspat, welcher aufgrund der beinahe gleichen Stoffdichte das Herstellen eines Zinkblendekonzentrates

^{*} Als Erbstollen wird ein Entwässerungstollen bezeichnet, welcher in größerer Teufe als die in Verhieb stehenden Abbaue aufgefahren wird und so die bergmännische Gewinnungstätigkeit für die nachfolgenden Generationen sicherstellen soll.

unmöglich machte, und Greenockit (Cadmiumsulfid) wurden im Wesentlichen durch händische Sortierung sowie Setz- und Herdarbeit mit entsprechenden Zerkleinerungs- und Klassierschritten aufbereitet. Der ursprüngliche Stammbaum der Aufbereitung von 1887 wurde zwar in den 1890er Jahren sukzessive verbessert – die runden Klaubtische wurden durch Lesekettenbänder ersetzt, einige Stoßherde wurden gegen Rundherde ausgetauscht etc. –, das Ausbringen der Anlage wurde jedoch von v. Reitzenstein (1918) per 1912 mit nur 60% berechnet, was als dringend verbesserungswürdig einzustufen war. Die Verluste erfolgten vor allem in den Grobsetzbergen sowie in der Separation der feinsten Körnungen auf den Herden.¹⁰ Abbildung 1 zeigt den Stammbaum der Zentralaufbereitung Rudolfschacht um 1903.

Stammbaum der Zentralaufbereitung am Rudolfschachte bei Bleiberg im Jahre 1903.

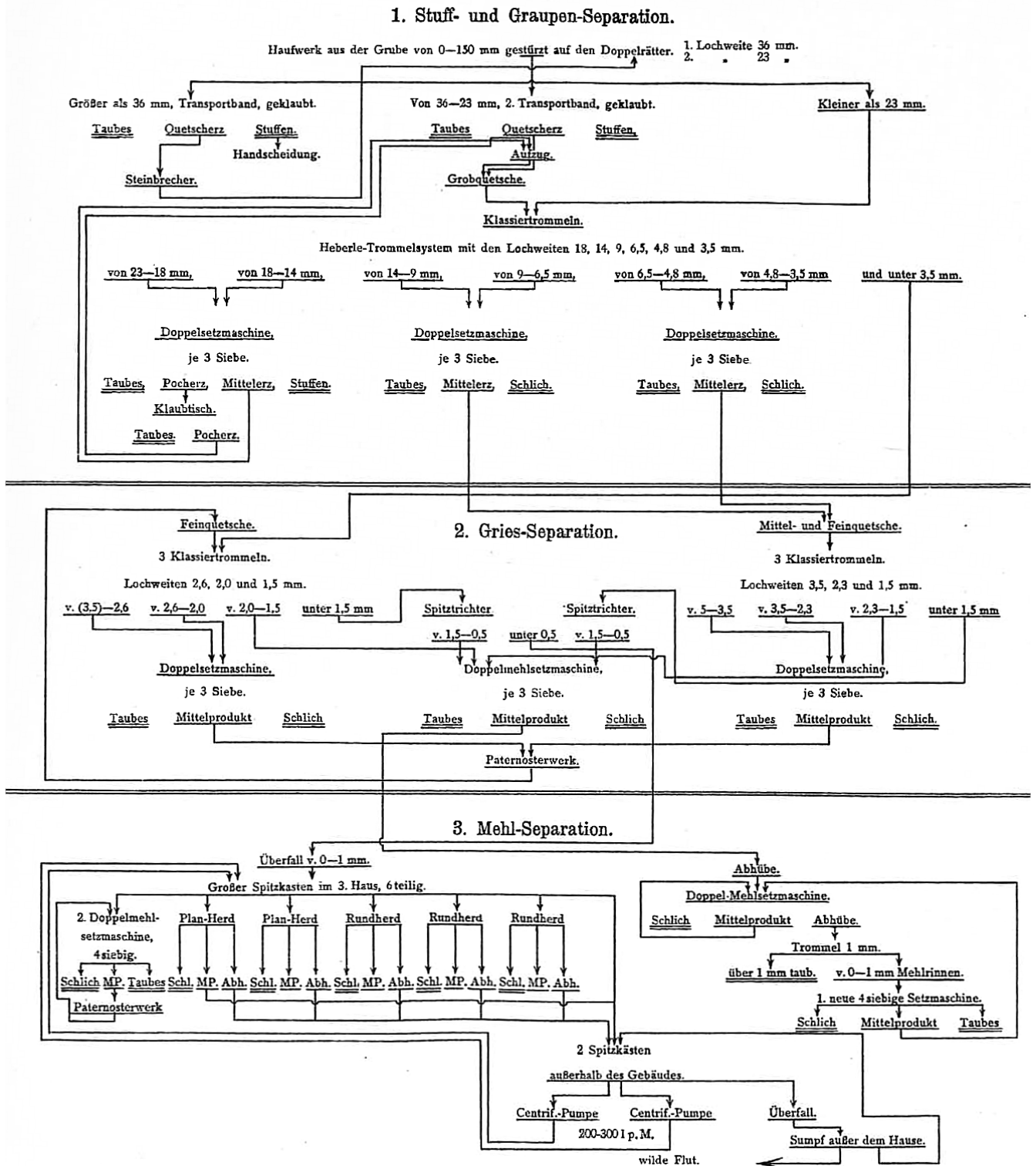


Abb. 1: Stammbaum der Zentralaufbereitung Rudolfschacht um 1903 (aus Ahlburg, 1907).¹¹

Die Zentralaufbereitung Antoni von 1911

Die erste größere Aufbereitungsanlage für die Erze aus dem Revier Kreuth beim Antonischacht in Bleiberg/Kreuth bestand aus mehreren Abteilungen, die einerseits zwischen der verfahrensmäßig identen Aufbereitung von Bleierzen und jener von Blei-/Zinkerzen, andererseits nach dem zu verarbeitenden Korngrößenbereich unterteilt wurden. Der Aufbereitungsgang wurde in die Abschnitte „Vorscheidung“, „Grubenklein“, „Mittelprodukte“ und „Schlämme“ eingeteilt (das vereinfachte Verfahrensschema ist in Abbildung 5 dargestellt).

Nach selektiver Förderung der Erze erfolgte in der Vorscheidung eine Klassierung der Frischaufgabe <60 mm in die Korngrößenklassen 60/36, 36/23, 23/18, 18/14 und <14 mm auf 2 parallel geschalteten, konischen Trommelsiebmaschinen mit jeweils 4 Sieben. Die Fraktion <14 mm wurde als Grubenklein bezeichnet und gelangte nach einer weiteren Klassierung in Trommelsieben bei 9, 6, 4 und 2 mm auf Stauchsetzmaschinen, wo Konzentrate der entsprechenden Korngrößenklassen erzeugt, „Taubes“ abgestoßen und Mittelprodukte ausgebracht wurden. Die Fraktionen 23/18 und 18/14 mm wurden auf (Vor-)Setzmaschinen aufgegeben, deren Leichtgut anschließend auf sich langsam drehenden Klaubtischen (Ø5 m, 0,5 Umdrehungen pro Minute) handgelesen wurde (Abbildung 2).

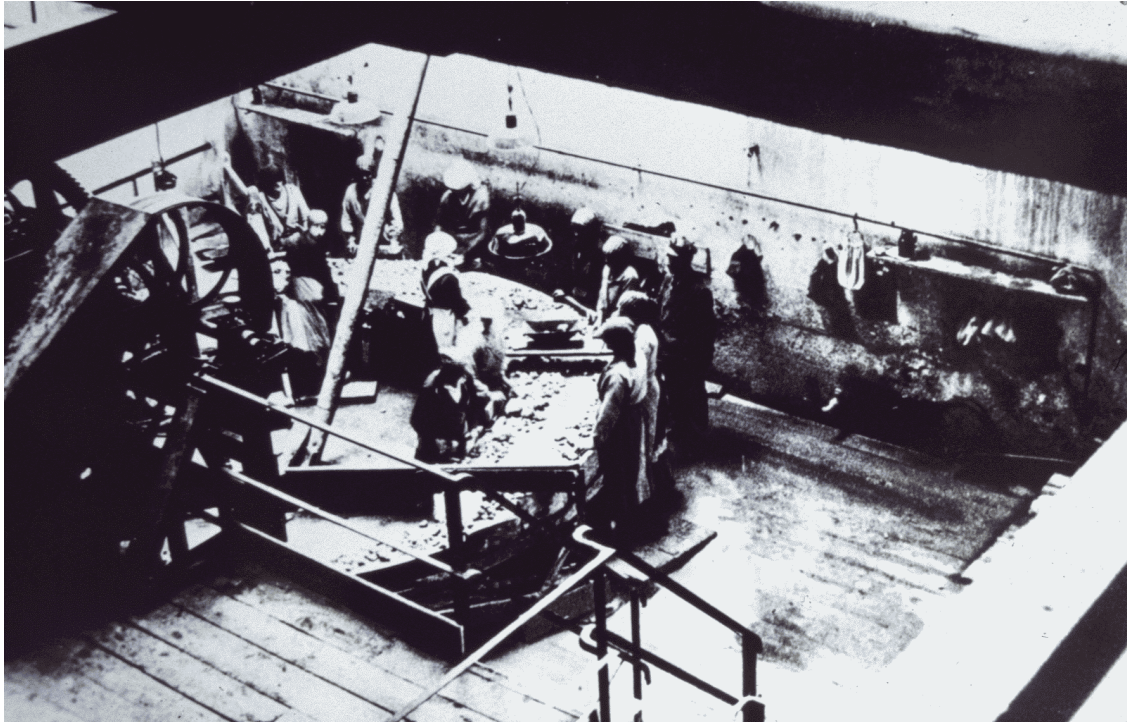


Abb. 2: Handklauben an einem rotierenden Klaubtisch. (Bestand des Bergbaumuseums Klagenfurt, ursprünglich: DI Klaus Jedlicka)

Durch die Handklaubung erfolgte eine Nachsortierung des klassierten Rohgutes, wodurch noch gering erzhältige, verwachsene Körner einer weiteren Zerkleinerung zugeführt werden konnten. Die gröberen Fraktionen 36/23 und 23/18 mm wurden händisch sortiert, aufgeschlossene Erz-Stücke ergaben das „Stuff“-Produkt. Mittelprodukte wurden Zerkleinerungsaggregaten („Steinbrechern“ bzw. Walzenbrechern – sog. „Quetschen“) zugeführt, nachklassiert und die Fraktion 20/14 mm wiederum handsortiert. Nicht erzhältige Körner wurden als „Taubes“ verhaldet.

Im „Mittelprodukte“-Abschnitt wurden nachzerkleinerte Produkte sowie die Grubenklein-Fraktion <2 mm verarbeitet, wobei wiederum eine Fraktionierung auf Trommelsieben bei 9/6/4/2 mm und die Dichtesortierung der einzelnen Fraktionen auf Setzmaschinen mit Mittelgutrückführung zur nochmaligen Klassierung und Zerkleinerung erfolgte. Körner der Korngrößenklasse <2 mm wurden in „Klassifikatoren“ (darunter waren wohl Spitzkästen ohne Gegenstromwasser zu verstehen)

weiter fraktioniert, das Grobkorn wurde wiederum durch Setzarbeit – wieder mit Rückführung des Mittelgutes zur nochmaligen Zerkleinerung – sortiert.

Das Feingut der „Klassifikatoren“ wurde im „Schlämme“-Abschnitt durch Nassklassierung in Spitzkästen (je einem Spitzkasten für Grubenklein- und Mittelgutschlämme) in weitere Fraktionen getrennt, welche als „feine“ bzw. „rösche“ (grobe) Schlämme bezeichnet wurden. Die Schlämme wurden nochmals stromklassiert und anschließend auf Herden (siehe Abbildung 3) dichtesortiert.



Abb. 3: Herdarbeit in der Zentralaufbereitung Antonischacht (Werksfoto)

Als Herde kamen Schüttelherde, Schnellstoßherde und für die feinstkörnigen Trüben je Abteilung (der gesamte Aufbereitungsgang wurde ja, wie oben schon erwähnt, parallel als Abteilungen für Blei- und für Blei/Zinkerze errichtet) ein Rundherd nach C. Linkenbach zum Einsatz. Die Zwischenprodukte wurden in einem Trübe-Reservoir gesammelt und zur nochmaligen Klassierung in den entsprechenden Grubenkleinspitzkasten zurückgepumpt. Abbildung 4 zeigt den Grundriss der beschriebenen Aufbereitungsanlage.

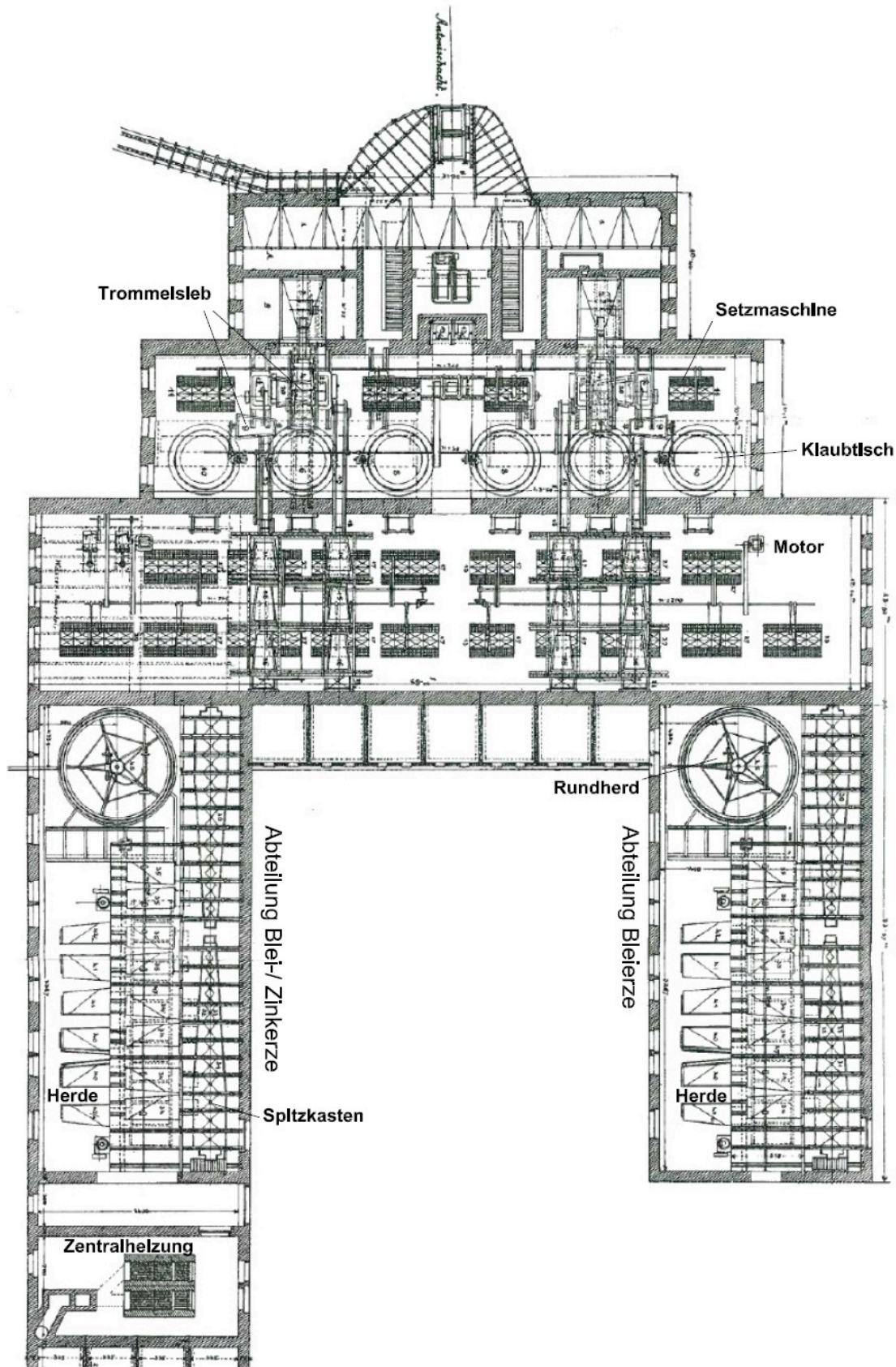


Abb. 4: Grundriss der Aufbereitungsanlage Antonischacht von 1911 (nach Neuburger, 1911)¹²

Die hier so detailliert und doch immer noch vereinfacht (eine genauere Beschreibung des zur Zeit der dortigen Untersuchungen bereits etwas abgeänderten Aufbereitungsganges findet sich unter ¹³) angeführte Beschreibung des Aufbereitungsstammbaumes soll verdeutlichen, wie akkurat die Sortierung der Bleiberger Erze zu Beginn des 20. Jahrhunderts erfolgte. Jedem Sortierapparat wurde durch die vielen Klassieraggregate ein nur sehr enges Kornband aufgegeben, um Verluste durch Gleichfälligkeits-Effekte zu vermeiden und den relativ kleinen Dichteunterschied zwischen Bleiglanz und Zinkblende sowie zwischen Zinkblende und Bergen hinreichend ausnützen zu können. Verwachsungen wurden durch mehrmalige Rückführung von Zwischengutprodukten und immer weitere Zerkleinerung möglichst gut aufgelöst bzw. wurden diese Produkte mehrfach repetiert. Beides erfolgte mit dem Ziel, Konzentrate von hohem Metallgehalt bei gleichzeitig möglichst hohem Ausbringen herzustellen. Die Wertmineralprodukte lagen nach der Aufbereitung jedenfalls in mehreren Korngrößen und sicher auch in unterschiedlichen Qualitäten vor.

Der gruppenweise Antrieb der Aufbereitungsmaschinen erfolgte elektrisch über Drehstrommotore und Zentralwellen. Von den Zentralwellen aus erfolgte der Antrieb der einzelnen Aggregate über Riementransmissionen. Die Durchsatzleistung der Aufbereitungsanlage von 1911 betrug planmäßig maximal 25 t Rohgut je Stunde, gearbeitet wurde 10 Stunden täglich.

Die Erze der Bleiberger Gruben wurden zu jener Zeit immer noch in der Bleiberger Zentralaufbereitung beim Rudolfschacht aufbereitet.

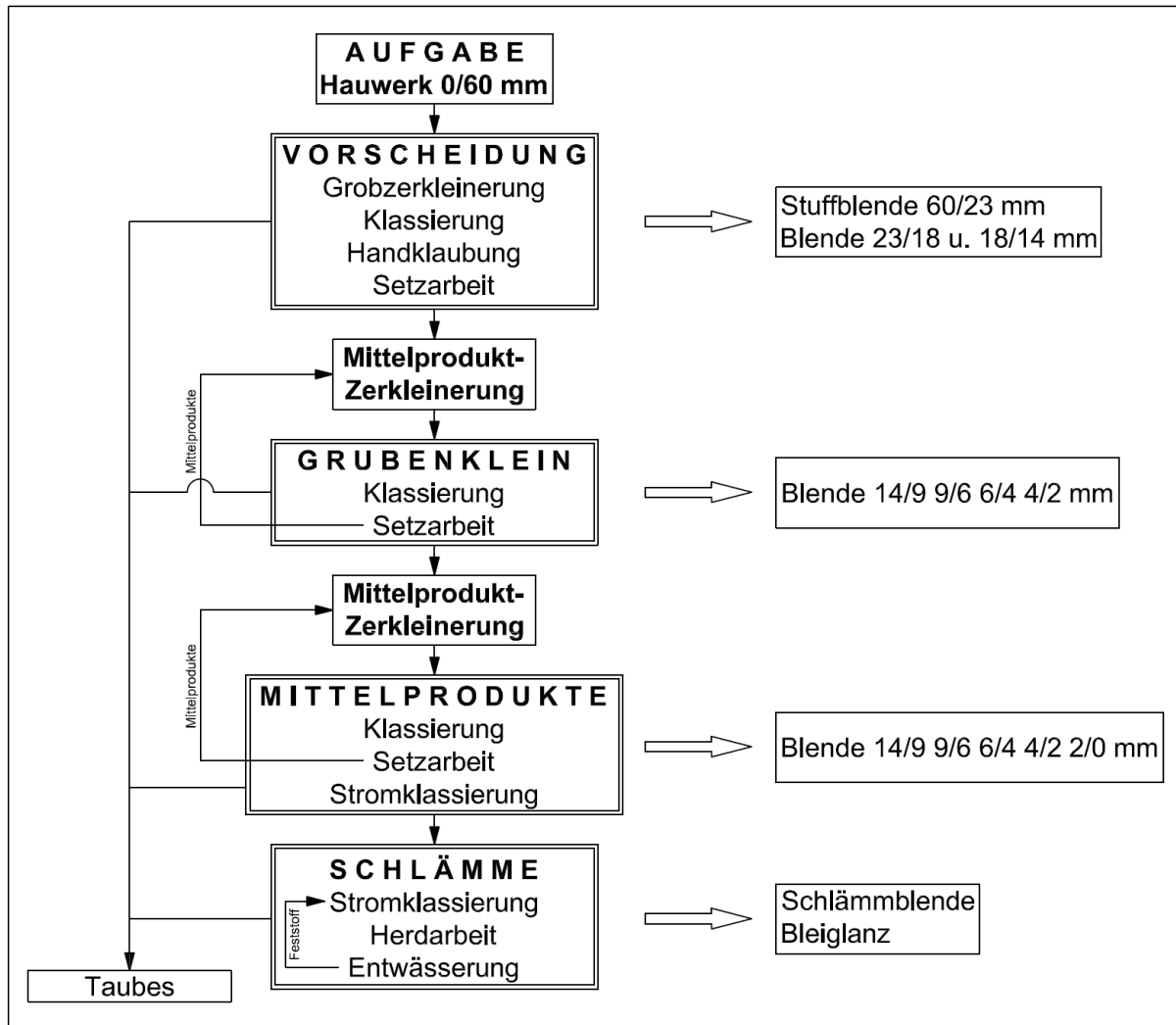


Abb. 5: Verfahrensschema der Blei/Zink-Abteilung der Zentralaufbereitung Antonischacht 1911 (vereinfacht)

Die Aufbereitung in der Zwischenkriegszeit

Nach dem großen Krieg und einer Hochkonjunkturphase bis 1925, hielt – v.a. aufgrund der preisbedingt notwendigen Anhebung der Fördermengen – das Schaumschwimmverfahren in Bleiberg Einzug. Die erste Flotationsanlage bei Antoni ging Ende 1926 in Betrieb.

Bei der Flotation erfolgt die stoffliche Trennung durch Ausnützen von Unterschieden der Oberflächenbenetzbarkeit der Körner. Hydrophobe Körner haften sich an Luftbläschen an, die pneumatisch oder durch ein spezielles Rührwerk in die Trübe eingebracht werden. Körner mit

hydrophilen Oberflächen sollen in der Trübe verbleiben. Durch mehrfache Wiederholung des Vorganges erfolgt günstigenfalls eine entsprechende Anreicherung des Wertminerals in einem Produkt. Die selektive Hydrophobie der jeweiligen Mineraloberflächen wird meist durch Reagenzien künstlich herbeigeführt.

1930 erfolgte der Bau einer Flotationsanlage beim Rudolfschacht, in welcher Zwischengutprodukte aus Setzmaschinen in einem Mahl-Klassier-Kreislauf zerkleinert und anschließend flотиert wurden. Die Flotation erfolgte mehrstufig: zuerst wurde in zwei Sortierstufen ein Bleiglanzkonzentrat ausgebracht. Die Abgänge aus der ersten Stufe wurden in zwei Zinkstufen mit Nachmahlung des Zn-Vorkonzentrates weiter flотиert. Den Stammbaum der Flotationsanlage Rudolf-Schacht 1930 zeigt Abbildung 6.

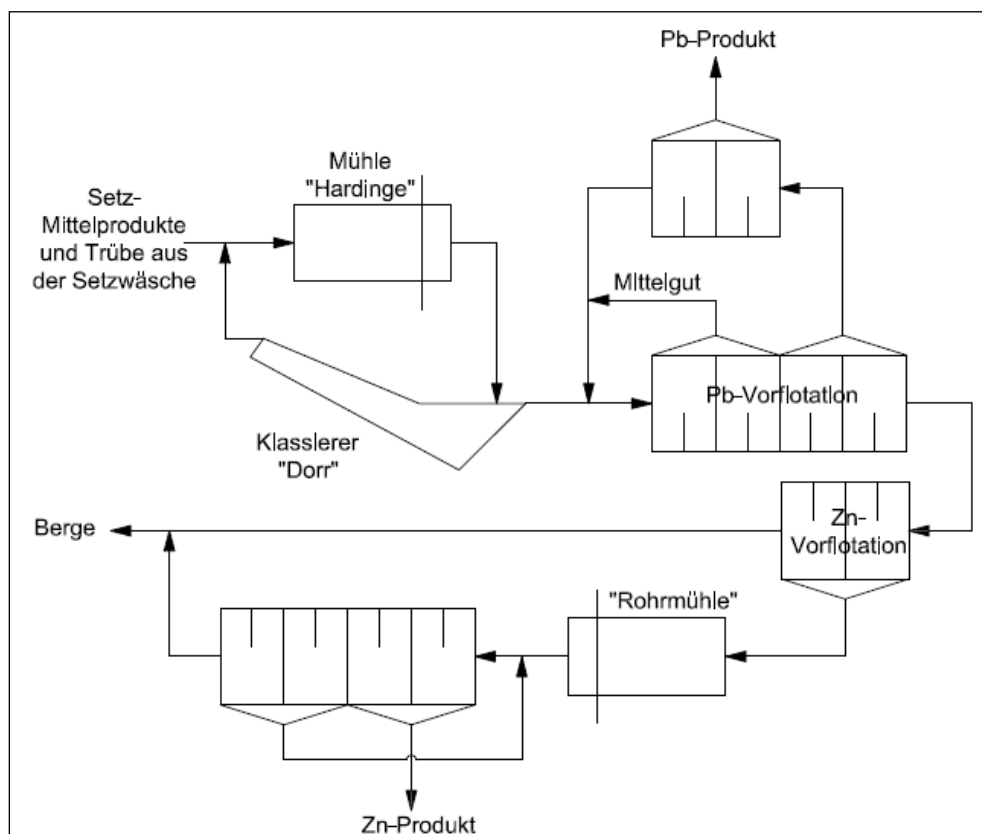


Abb. 6: Stammbaum der Flotation Rudolf-Schacht 1930 (vereinfacht)

Die Weltwirtschaftskrise ab 1929 brachte es mit sich, dass der Bergbau Bleiberg und damit auch die Aufbereitungsanlagen ab Mitte 1931 bis zum 29. Februar 1932 stillgelegt wurden.¹⁴

Ab 1932 wurden aufgrund von Rationalisierungsmaßnahmen als Reaktion auf die Weltwirtschaftskrise auch die Erze aus dem Bleiberger Revier in der Aufbereitung am Antonischacht verarbeitet.¹⁵ Die gleichsam brandneu errichtete Flotationsanlage beim Rudolfschacht wurde zum Antonischacht hin umgebaut und ersetzte dort die mechanische Feinsortierung in der südlichen (ehem. Blei-/Zinkerz) Abteilung. Nach dem erfolgten Umbau wurden aufgrund von Anlagen- und Reagenzienoptimierungen die Durchsatzleistung der Flotationsanlage von geplanten 90 t/Schicht auf 220 t/Schicht gesteigert. Infolgedessen konnten 1937 bei guten Metallpreisen 8884 t Blei- (Bleischlich) und 5527 t Zinkkonzentrat ausgebracht werden.¹⁶ Ab 1937 erfolgte außerdem die Erzeugung von Kalksplittprodukten aus den Grobbergen.

Der zweite Weltkrieg

Kredite des deutschen Reichs ermöglichten ab 1939 den Neubau der Flotation Antoni-Ost sowie den Aus- und Umbau der nassmechanischen Abteilungen durch die nun Preussische Bergwerks- und Hütten AG (PREUSSAG). Die Fertigstellung dieser Umbauten erfolgte Ende 1940 und beinhaltete eine Modernisierung der Aufbereitung in Form des Austauschs der Trommelsiebe durch Wurfsiebmaschinen, dem Einsatz von Kegelbrechern und neuer Stauchsetzmaschinen sowie dem Einbau einer mehrsystemigen Rührwerksflotationsanlage (siehe Abbildung 7). Weiters wurde die Klaubearbeit eingestellt, stark verwachsene Erze gelangten nach vorheriger Zerkleinerung direkt in die Flotation.¹⁷ Anschließend an den Umbau wurde die Bergbauproduktion rasant gesteigert und insbesondere die Zinkblendaufbereitung gewann aufgrund der beginnenden großmaßstäblichen Aufarbeitung von Haldenerzen enorm an Bedeutung. Während die Bleiglanzproduktion konstant bei etwa 7.500 t/Jahr anhielt, überflügelte 1941 die Menge an Zinkblendekonzentrat mit 7884 t erstmals die Bleikonzentratproduktion. Der Rohgutdurchsatz

erreichte 1942 mit 171.769 t einen Höchststand.¹⁸



Abb. 7: Ein im Zuge des Umbaus 1939/40 eingesetzter Doppelzellen-Rührwerksflotationsapparat, Bauart „Krupp“ (Foto: 2012)

Beim Rudolfschacht wurde aufgrund der im Dritten Reich zunehmenden Knappheit an Metallveredlern eine Molybdänerzaufbereitungsanlage gebaut, welche vornehmlich Erze aus den Bleibergger Halden (Mo-Gehalt ca. 0,25%) verarbeiten und 1944 dadurch auf Anweisung des Reichswirtschaftsministeriums jährlich 56.000 kg Molybdän gewinnen sollte. Diese aus Beständen der stillgelegten Goldaufbereitung Bockstein (Salzburg) errichtete Anlage wurde letztlich jedoch erst nach Kriegsende im November 1945 fertiggestellt (auch die englische Besatzung war an Molybdän interessiert), und konnte auch dann mangels Flotationsreagenzien nicht in Betrieb gehen.¹⁹ Die Molybdänaufbereitung

Rudolfschacht erzeugte bis 1952 in Summe 92,3 t Molybdän bei einem Ausbringen von ca. 89%.²⁰

Der Umbau 1969/70

1968 betrug der Durchsatz der Zentralaufbereitung Antonischacht ca. 187.000 t Rohgut mit einer maximalen Durchsatzleistung von etwa 32 t/Std. Drei parallele Flotationssysteme konnten täglich maximal 500 t Feststoff verarbeiten, woraus in etwa 7.500 t Bleiglanz und ca. 15.000 t Zinkblendekonzentrat jährlich erzeugt wurden.²¹ Die gefallen Metallpreise erforderten jedoch eine Erhöhung der Bergbauförderung zur Fixkostensenkung in allen Bereichen und machten damit eine Neuinvestition und Kapazitätserweiterung der Aufbereitungsanlage notwendig. Als Produktionsziel für die neue Aufbereitungsanlage wurde die Vollausslastung der BBU-eigenen Zinkhütte Arnoldstein aus eigenen Erzvorräten angestrebt. All dies bedeutete in der Folge eine notwendige Steigerung der Roherzförderung im Bergbau Bleiberg auf 300.000 t/Jahr mit den entsprechend notwendigen Umbauten, sowohl im Bergbau und in der Förderung (u.a. Errichtung einer automatischen Turmförderanlage mit einfachem Skip) als auch in der Aufbereitung.

Das aufbereitungstechnische Konzept für die neue Anlage sah eine Schwertrübescheidung zur Grobbergevorabtrennung, Mahlung/Klassierung sowie eine mehrstufige Blei-Zink-Flotation vor. Die Konzentrate sollten (wie schon bisher) auf Vakuumfiltern entwässert werden.

Um den Umbau der Aufbereitungsanlage unter Vollbetrieb zu ermöglichen, wurde zuerst die Schwertrübeanlage eingebaut. Danach wurden die nun bereits 60 Jahre in Betrieb stehenden Setzmaschinen stillgelegt und die nördliche nassmechanische Abteilung abgebrochen (Abbildung 8).



Abb. 8: Abbruch der nördlichen nassmechanischen Abteilung während die Flotation in Betrieb steht (zu erkennen am gefüllten Rundeindicker)

Die Schwertrübeanlage (vor Ort auch als Sink-Schwimm-Anlage bezeichnet) nützte den günstigen Aufschlusscharakter des Bleibberger Erzes aus: Im Gegensatz zu den Erzmineralen untereinander liegt nämlich die Gangart, d.h. die nicht erzhaltigen Körner des Bleibberger Erzes bereits ab etwa <math>< 60\text{ mm}</math> weitgehend frei aufgeschlossen vor und kann aufgrund des Dichteunterschiedes zu den erzhaltigen Körnern schon in der Grobfraktion abgetrennt werden.

Die Anlage bestand aus einem WEMCO-Trommelscheider mit einem Durchmesser und einer Länge von $3 \times 3\text{ m}$ sowie den notwendigen Nebenaggregaten. Sie wurde von der Firma Binder+Co geliefert. Die Anlage wurde mit Rohgut der Korngrößenklasse 4 bis 60 mm beschickt. Die Vorzerkleinerung auf diese Korngröße erfolgte Untertage in Brech- und Klassieranlagen. Feineres Rohgut wurde auf einer Zwei-Deck-Siebmaschine vor der Schwertrübetrommel durch Bebrausen entfernt und gelangte nach Entwässerung in einen Zwischenbunker. Das Leichtgut aus

dem Trommelscheider wurde in einer Klassieranlage zu Baustoffprodukten verarbeitet und als Versatzmaterial verwendet. Das in der Suspension aus verdüstem Ferro-Silizium und Magnetit abgesunkene Schwergut wurde ausgetragen, durch Bebrausung von Schwertrüberesten befreit und gelangte nach Zerkleinerung der Fraktion >15 mm in einer Prallmühle weiter in die Mahlanlage. Das Masseausbringen an Leichtgut aus dem Trommelscheider betrug anfangs in etwa 30%.²² Die scheinbare Trübedichte wurde auf ca. 2,85 g/cm³ eingestellt. Die Schwerstoffrückgewinnung erfolgte über einen Permanentmagnet-Nastrommelscheider und einen Schraubenklassierer mit Entmagnetisierspule.²³ Abbildung 9 zeigt die Schwertrübeanlage nach Restauration per 2012.



Abb. 9: Schwertrübeanlage WEMCO in der Zentralaufbereitung Antoni. Im Vordergrund ist der Schraubenklassierer für die Schwertrüberegeneration dargestellt.

Nach Fertigstellung der Schwertrübeanlage wurde eine Mahl- und Flotationsanlage mit einer projektierten Kapazität von 40 t/Std. eingebaut. Die Klassierung des Mahlgutes erfolgte über einen Schraubenklassierer, Grobgut wurde erneut der Kugelmühle aufgegeben (Abbildung 10).



Abb. 10: Trommelmühle und Schraubenklassierer (Werksfoto)

Die Flotation erfolgte mehrstufig mit aufeinanderfolgender direkter Flotation der Wertminerale Bleiglanz und Zinkblende. Als Sammler-Reagenzien wurden anionische Sulphydrylsammler (Kaliummethylxanthat und Dialkyldithiophosphat), später „Z-200“ (hauptsächlich O-Isopropyl-N-Ethyl Thionocarbamat) und Ähnliche verwendet. Zur Bildung eines stabilen Schaumes verwendete man anfangs u.a. Kiefernöl, später Methyl-Isobuthyl-Carbinol (MIBC). Um das Aufschwimmen der Zinkblende in der Bleiflotation zu verhindern, wurde Zinksulfat beigelegt. Die Aktivierung, d.h. die neuerliche Hydrophobierung der Zinkblende in der Zinkflotation erfolgte durch Zugabe von Kupfersulfat.²⁴ Der angestrebte Bleigehalt im

Konzentrat betrug 75%, das Zinkkonzentrat sollte 57% Zink mit möglichst wenig Blei enthalten.

Nach Fertigstellung der Flotationsanlage im Antonischacht-Hauptgebäude wurden die noch bestehenden Flotationsanlagen „Süd“ und „Ost“ stillgelegt. Die dort verbauten Konzentrat-Rundeindicker wurden für die Produkte aus der neuen Flotationsanlage weiterverwendet. Nach Klassierung auf einer Hydrozyklonanlage zum Zwecke der Spülversatzgewinnung wurden die Flotationsberge $<0,06$ mm in den Nötschbach abgeleitet. Abbildung 11 zeigt einen Teil der 1970 errichtete Flotationsanlage vor Inbetriebnahme.



Abb. 11: Flotationsanlage Antonischacht 1970. Im Hintergrund ist die Trommelmühle erkennbar. (Quelle: Bergbaumuseum Klagenfurt, ursprünglich DI Klaus Jedlicka)

Eine Splittaufbereitung für die Verarbeitung des Schwimmguts aus der Schwertrübescheidung wurde 1971 südlich der Zentralaufbereitung Antonischacht fertiggestellt. Die Klassierprodukte der Korngrößen-

fraktionen 0/4 4/8 8/12 12/18 und 18/60 mm wurden hauptsächlich als Betonzuschlagsstoff, sowie für Versatz und Streusplitt verwendet.²⁵

Nach Fertigstellung der neuen Aufbereitungsanlage beim Antonischacht wurde auch die wegen des Umbaus vorübergehend eingestellte Gewinnung von Haldenerzen wieder aufgenommen.

Anlagenoptimierungen in der Aufbereitungsanlage Antonischacht

Nach Fertigstellung und entsprechendem Erfahrungsgewinn mit der neuen Aufbereitungsanlage erfolgten Verbesserungs- und Optimierungsschritte im Verfahrensablauf. 1972 wurde die Zinkflotation erweitert und optimiert (z.B. durch den Einbau von Überlaufwehren), um den Metallgehalt der Zinkkonzentrate von 57% bei Ausbringenswerten um 95% erreichen zu können. 1977 erfolgte der Einbau einer Zwischenmahlanlage, bestehend aus Kugelmühle und Hydrozyklon zum Aufschluss von Mittelprodukten aus der Zink-Flotation (siehe Stammbaum Abbildung 12). Zwischen 1971 und 1979 wurden (nach Enzfelder) folgende Verbesserungen in der Aufbereitungsanlage erreicht:²⁶

- Durchsatzsteigerung von 370.000 auf 496.000 t Roherz pro Jahr
- Durchsatzsteigerung der Schwertrübeanlage von 104 auf 135 t/Std.
- Durchsatzsteigerung der Flotation von 39 auf 50 t/Std.
- Senkung des Energieverbrauches 18,3 auf 15,3 kWh/t
- Senkung des Mahlkörperverbrauches in der Kugelmühle von 251 auf 75 g/t
- Senkung des Reagenzienverbrauches von 912 auf 550 g/t
- Erhöhung des Blei-Gehaltes im Konzentrat von 77% auf 79%
- Verlustsenkung in den Bergen von 0,20 auf 0,11% Pb und von 0,70% auf 0,50% Zn.
- Personalreduktion von 29 auf 17 Mann pro Tag

- Steigerung der Aufbereitungskosten um nur 28% von 50,- auf 64,- Schilling je Tonne Rohgut (dies bedeutete inflationsbereinigt eine tatsächliche Kostenreduktion um 17%).

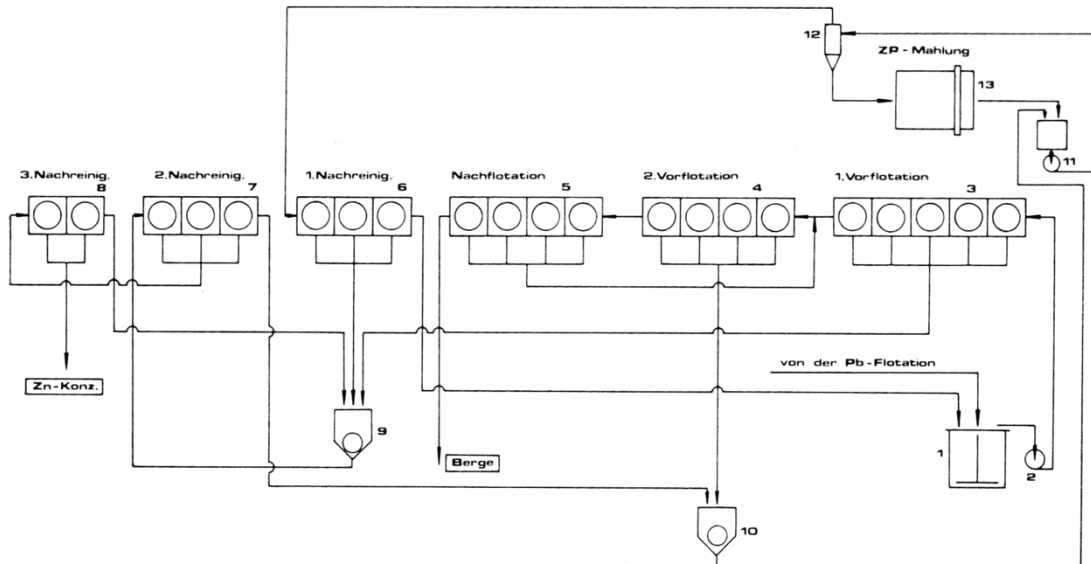


Abb. 12: Erweiterung der Zinkstufe und Einschaltung einer Zwischenproduktmahlung in der Flotation Bleiberg/Kreuth – Stand Ende 1977 (nach Enzfelder)

Erläuterungen zum Stammbaum:

- 1: Zinkkonditionierer (Wemco) 8x8"
 2: Behälterpumpe Humboldt VB 112, 135 m³
 Flotationstrübe/h, Förderhöhe 10 m, Motor 30 kW
 3: Zink-Flotationsbank (1. Vorflotation), 5zellig,
 Wemco-Fagergren 84x63" (2,2 m³ je Zelle), Motor
 je Zelle 11 kW
 4: Zink-Flotationsbank (2. Vorflotation), 4zellig,
 Wemco-Fagergren 84x63"
 5: Zink-Flotationsbank (Nachflotation), 4zellig,
 Wemco-Fagergren 84x63" mit Wemco-Tauch-
 pumpe 4x3"
 6: Zink-Flotationsbank (1. Nachreinigung), 3zellig,
 Wemco-Fagergren 84x63"

- 7: Zink-Flotationsbank (2. Nachreinigung), 3zellig,
 Wemco-Fagergren 84x63" mit Wemco-
 Tauchpumpe 4x3"
 8: Zink-Flotationsbank (3. Nachreinigung), 3zellig,
 Wemco-Fagergren 84x63"
 9: Behälterpumpe Humboldt VB 112
 10: Behälterpumpe Wemco 4x3"
 11: Zyklon-Aufgabepumpe, Habermann HP/IV,
 Motor 12 kW
 12: Kugelmühle (KHD), 2000 mm Ø, 2000 mm
 Länge, Motor 75 kW

Ab den 1970er Jahren erfolgte eine tendenzielle Abnahme des Metallgehaltes in der Aufgabe. Diese war einerseits lagerstättenbedingt, musste jedoch auch der weiter ausgebauten Mechanisierung der Abbaumethoden zugerechnet werden. Enthielt die Aufgabe in die Flotation (also nach erfolgter Abscheidung des Leichtgutes in der Schwer-

trübeanlage) 1971 noch \emptyset 3,73% Pb und 9,77% Zn, so reduzierte sich dies bis 1979 auf 1,67% Pb und 7,01% Zn (siehe Abbildung 13).

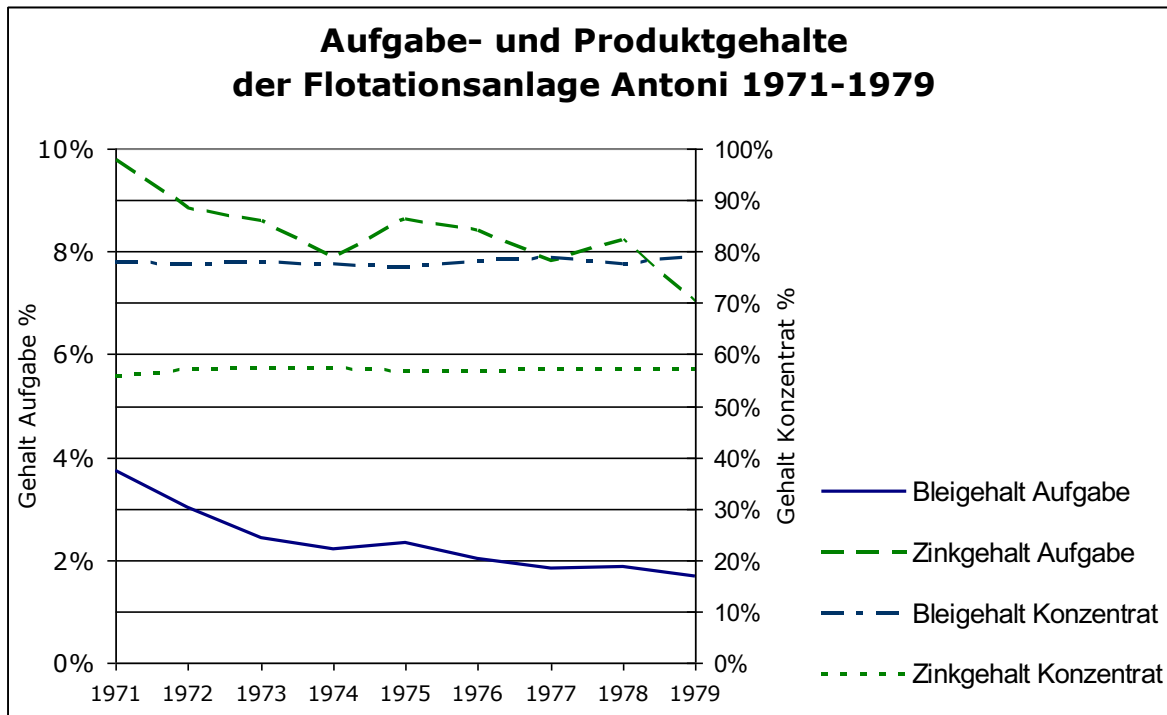


Abb. 13: Gehaltsentwicklung von Aufgabe und Konzentraten in der Flotationsanlage Antonischacht von 1971 bis 1979 (Metallgehalte der Aufgabe nach der Schwertrübescheidung).

Aus den angeführten Quellenangaben und aus vorliegenden Betriebsdaten kann auf das tatsächliche Verhalten des mittleren Metallausbringens von 1971 bis 1979 rückgerechnet werden. Es ist eine deutliche Steigerung des Metallausbringens von 1971 bis 1973 von 84,8% auf 86,7% für Blei und von 87,8% auf 93,0% für Zink ersichtlich. Für Zink wird dies durch den oben angeführten Ausbau der Zinkstufe begründet. Ein weiterer signifikanter Anstieg des Zink-Ausbringens auf den Höchstwert von 93,7% für 1978 ergibt sich in Folge der Inbetriebnahme der Nachmahlanlage.²⁷ Die hier beschriebene Entwicklung wird in schaubildlicher Form in Abbildung 14 dargestellt.

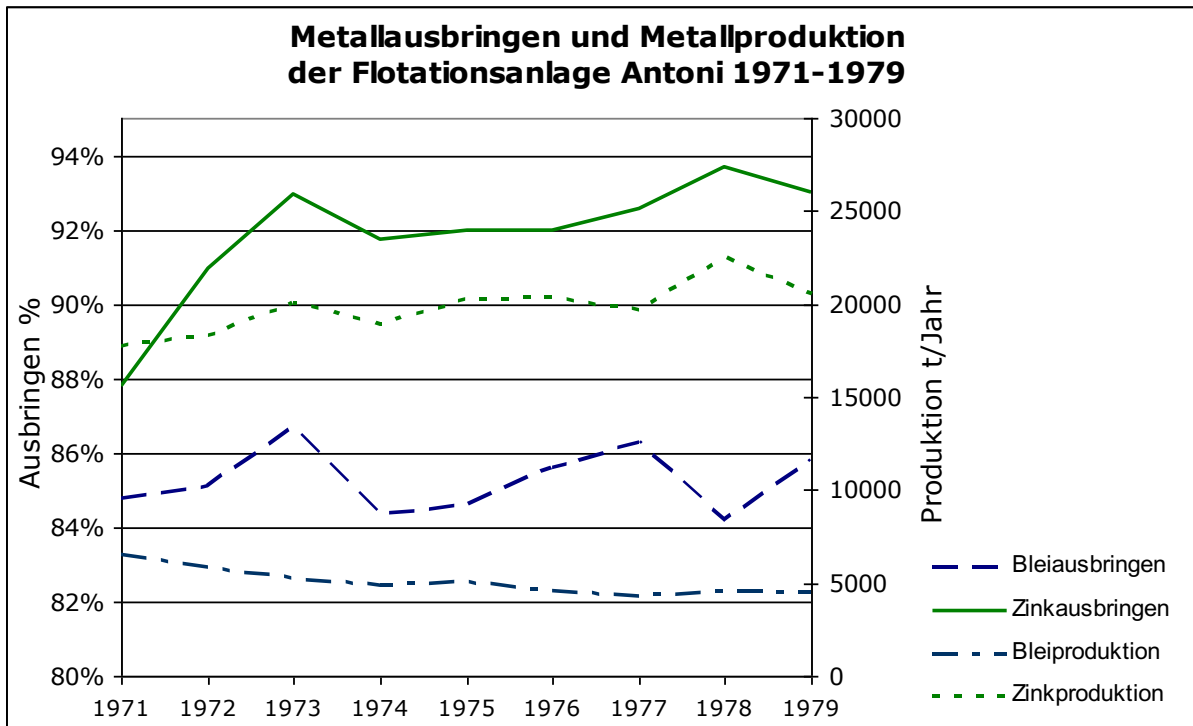


Abb. 14: Mittleres Ausbringen und Produktmengen der Aufbereitungsanlage Antonischacht von 1971 bis 1979.

Weitere Verbesserungen brachten der Einbau moderner Reagenzien-Dosieranlagen 1979, die Implementierung einer In-Stream RFA-Analyse in Forschungs Kooperation mit dem Österreichischen Forschungszentrum Seibersdorf, der Ersatz der Trommelfilter aus dem Jahre 1928 durch 2 Trommelfilter Bauart Dorr-Oliver mit 12 m² Filterfläche inklusive einer Konzentrat-Bandförderanlage sowie laufende Vorschläge im Rahmen des betrieblichen Vorschlagswesens der BBU. Schließlich erfolgte 1980 die Umstellung der Fahrweise auf vollkontinuierlichen Betrieb.²⁸ Die Gewinnung von Haldenerzen wurde 1980 nach 6 Jahren (vermutlich kapazitätsbedingter) Unterbrechung wieder aufgenommen und nahm mit bis zu ca. 450.000 t jährlich verarbeiteter Haldenerze bei einer maximalen Gesamtverarbeitungsmenge von 859.000 t (1983)²⁹ beträchtliche Ausmaße an. Diese Erze verursachten jedoch durch tendenziell immer geringer werdende Zinkgehalte sowie aufgrund der hohen notwendigen Anlagen-Durchsätze ein Abfallen des Ausbringens in den Konzentraten, da die notwendige Anreicherung der geringhältigen Erze (79% Blei, 57%

Zink) immer schwieriger erreicht werden konnte. 1982 betrug das Gesamt-Ausbringen für Zink 86,7%, jenes für Blei nur magere 73,9%.³⁰ Die massenhafte Gewinnung dieser Erze brachte jedoch den Vorteil hoher Erlöse bei niedrigen Gestehungskosten, und wurde wohl aufgrund des anhaltenden niedrigen Weltmarktpreises für Metalle in den 1980er Jahren und wegen gebirgsmechanischen Problemen im Gewinnungsbetrieb durchgeführt. Letztlich bot die Rückgewinnung der Halden aber nicht nur für den Bergbau Bleiberg eine Möglichkeit, die Betriebskostendeckung zu erhöhen, sondern sie stellt heute noch einen unschätzbaren Wert für die Kulturlandschaft des Bleiberger-Tales dar.

Der letzte wesentliche Umbau der Bleiberger Erz-Aufbereitung vor der Schließung des Bergbaus 1993 war die Installation eines Ø32 m-Rund-Eindickers in Kombination mit Siebbandpressen für die Gewinnung der gesamten Flotationsabgänge als (Magerbeton-)Versatz. Die Entwicklung dieses Systems begann 1985, im Februar 1991 ging die Anlage in Vollbetrieb und die Einleitung der Flotations-Feinberge in die Vorflut wurde nach 6 Jahrzehnten beendet.³¹ Den Stammbaum der Zentralaufbereitung Antoni um 1980 zeigt Abbildung 15.

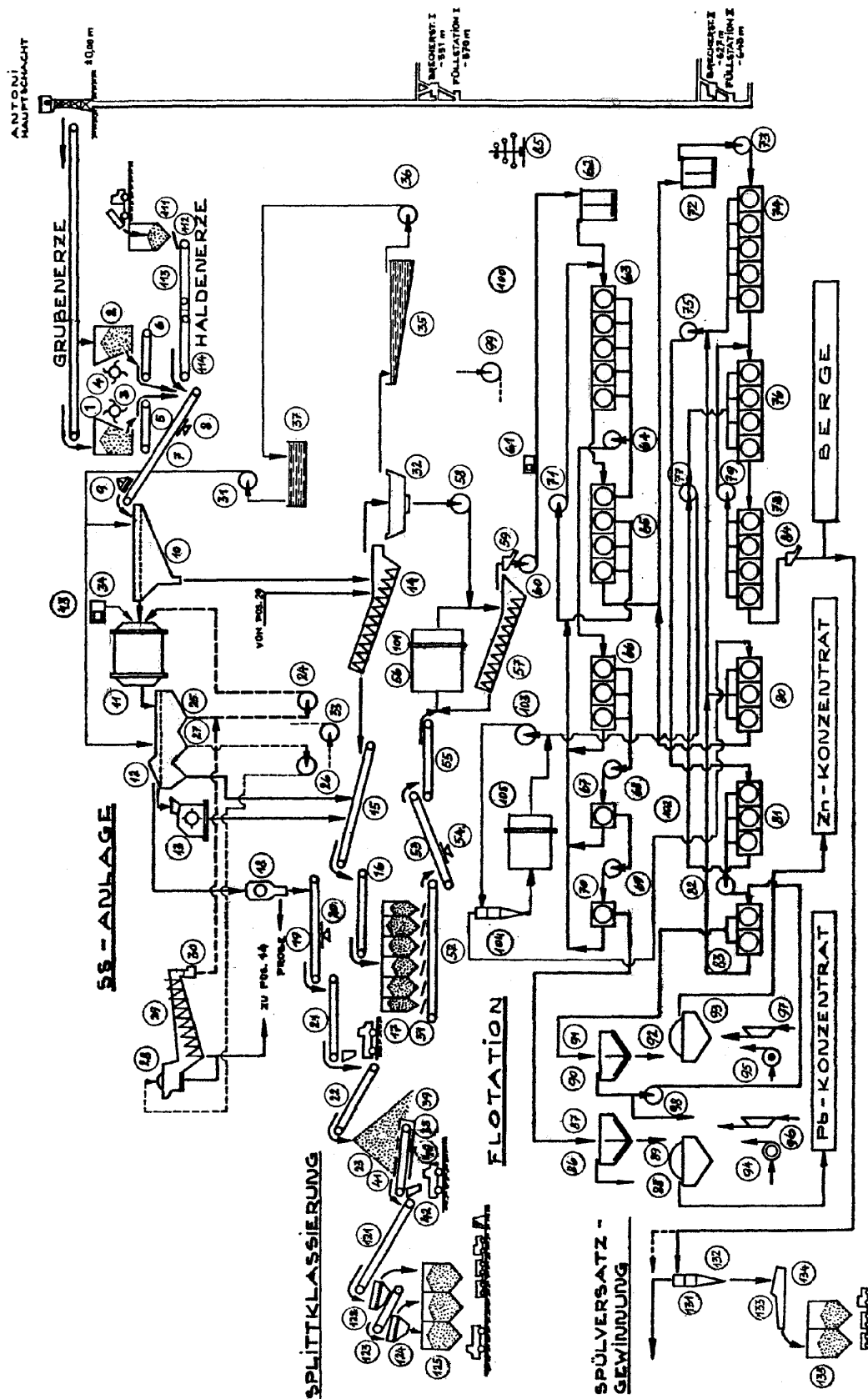


Abb. 15: Stammbaum der Blei-Zinkerz-Zentralaufbereitung Bleiberg/Kreuth um 1980 (Werkszeichnung).

Danksagung

Das Verfassen des vorliegenden Aufsatzes wurde vom Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung der Montanuniversität Leoben (Prof. Helmut Flachberger) unterstützt, welcher begleitende aufbereitungstechnische Untersuchungen ermöglichte und Mittel für die umfangreich notwendigen Recherchen zur Verfügung stellte. Dem Institut für analytische Chemie der MU Leoben sei für die kostenlose Durchführung chemischer Analysen gedankt.

Ein herzlicher Dank ergeht an Herrn em. Prof. Hans-Jörg Steiner (Leoben) für die wertvollen Hinweise und Ratschläge, die er im Rahmen mehrerer interessanter Gespräche gewährte. Ein besonderer Dank ergeht schließlich an jene ehemals bei der Bleiberger Bergwerks Union beschäftigten Personen, die mich in vielen Unterhaltungen von der Richtigkeit der erhobenen Fakten überzeugten. Glück auf! *Leoben, im Juni 2012*

Zum Verfasser

Dipl.-Ing. Dr.mont. Andreas Oberrauner wurde 1980 in Villach (Österreich) geboren und wuchs in Bad Bleiberg und in Ebenau bei Salzburg auf. Er studierte Bergwesen an der Montanuniversität Leoben und promovierte 2012 ebendort im Fach Aufbereitung und Veredlung.

Quellen

¹ Cerny I. Die karbonatgebundenen Blei-Zink-Lagerstätten des alpinen und außeralpinen Mesozoikums. Die Bedeutung ihrer Geologie, Stratigraphie und Faziesgebundenheit für Prospektion und Bewertung. Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., Wien, Aug. 1989. S. 9.

² Cerny I., Schroll E. Heimische Vorräte an Spezialmetallen (Ga, In, Tl, Ge, Se, Te und Cd) in Blei-Zink- und anderen Erzen. Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A. Bd. 18. Wien (Jun. 1995).

-
- ³ Jedlicka K. Zur Entwicklung der Aufbereitungstechnik in Kärnten. In: Grubenhunt & Ofensau. Vom Reichtum der Erde. Landesausstellung Hüttenberg/Kärnten 1995, Bd. II: Beiträge, Klagenfurt 1995, S. 261ff.
- ⁴ Enzfelder W. Haldenerzverarbeitung in Bleiberg-Kreuth. In: BBU Nachrichten, Werkszeitung der Bleiberger Bergwerks Union, Heft 25 (Jun. 1971), S.10.
- ⁵ ebda.
- ⁶ Weiss A. Die Entwicklung der Erzaufbereitung im Raum Bleiberg im 18. und 19. Jahrhundert. In: Arschleder V – Nachrichten der Montan Gesellschaft Kärnten (2004), S. 6-14.
- ⁷ Ployer C. (?) Beschreibung des Bleybergwerks zu Bleyberg bey Villach i. Kärnten. 4. Verhüttung. O.O. 1783. S. 71ff.
- ⁸ Tschernig E. Die Geschichte der BBU. 3. Folge. In: BBU Nachrichten, Werkszeitung der Bleiberger Bergwerks Union, Heft 3 (Dez. 1965), S.3.
- ⁹ Tschernig E. Die Geschichte der BBU. 5. Folge. In: BBU Nachrichten, Werkszeitung der Bleiberger Bergwerks Union, Heft 5 (Jun. 1966), S.3.
- ¹⁰ Reitzenstein W. Technische wirtschaftliche Untersuchung über die Bleiberg-Kreuther Aufbereitungsanlagen. In: Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch, Bd. 66 (1918), Wien. S. 84ff.
- ¹¹ Ahlburg Dr. Der Erzbergbau in Steiermark, Kärnten und Krain. In: Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preußischen Staate 1907. Tafel X.
- ¹² Neuburger O. Der Franz Josef Stollen und die damit zusammenhängenden Betriebsanlagen in Bleiberg. Erinnerung an die Durchschlagsfeier. Eigenverlag, Klagenfurt 1911.
- ¹³ Reitzenstein W. Technische wirtschaftliche Untersuchung über die Bleiberg-Kreuther Aufbereitungsanlagen. In: Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch, Bd. 66 (1918), Wien. S. 7ff.
- ¹⁴ Enzfelder W. Der Bergbau Bleiberg durch die Jahrhunderte: Geschichtliche Entwicklung bis zum 2. Weltkrieg. In: Leobener Grüne Hefte, NF 10 (1992), S. 263.
- ¹⁵ Enzfelder W. Die Zentralaufbereitung Bleiberg/Kreuth. Teil 1. In: BBU Nachrichten, Werkszeitung der Bleiberger Bergwerks Union, Heft 16 (Mär. 1969), S.14.
- ¹⁶ Tschernig E. Die Geschichte der BBU. 11. Folge. In: BBU Nachrichten, Werkszeitung der Bleiberger Bergwerks Union, Heft 12 (Mär. 1968), S.8.
- ¹⁷ Jedlicka K. Zur Entwicklung der Aufbereitungstechnik in Kärnten. In: Grubenhunt & Ofensau. Vom Reichtum der Erde. Landesausstellung Hüttenberg/Kärnten 1995, Bd. II: Beiträge, Klagenfurt 1995, S. 264.
- ¹⁸ Tschernig E. Die Geschichte der BBU. 12. Folge. In: BBU Nachrichten, Werkszeitung der Bleiberger Bergwerks Union, Heft 13 (Jun. 1968), S.6f
- ¹⁹ Tschernig E. Die Geschichte der BBU. 15. Folge. In: BBU Nachrichten, Werkszeitung der Bleiberger Bergwerks Union, Heft 16 (Mär. 1969), S.12

²⁰ Lichtbild: Molybdän-Aufbereitung Rudolf, Gesamt-Metallrechnung 1946-1952. Bestand des Bergbaumuseums Klagenfurt, ursprünglich DI Jedlicka.

²¹ Jedlicka K. Blei- und Zinkkonzentratproduktion Kärntens 1862-1993. Schaubild. Photographie, 2012.

²² Enzfelder W. Die Zentralaufbereitung Bleiberg/Kreuth. Teil 1. In: BBU Nachrichten, Werkszeitung der Bleiberger Bergwerks Union, Heft 16 (Mär. 1969), S.14.

²³ Enzfelder W. Die Zentralaufbereitung Bleiberg/Kreuth. Teil 2. In: BBU Nachrichten, Werkszeitung der Bleiberger Bergwerks Union, Heft 17 (Jun. 1969), S.9ff

²⁴ Enzfelder W. Die Zentralaufbereitung Bleiberg/Kreuth. Teil 2. In: BBU Nachrichten, Werkszeitung der Bleiberger Bergwerks Union, Heft 17 (Jun. 1970), S.13ff

²⁵ Enzfelder W. Neue Splittaufbereitung. In: BBU Nachrichten, Werkszeitung der Bleiberger Bergwerks Union, Heft 25 (Jun. 1971), S.11f

²⁶ Enzfelder W. Zentralaufbereitung Bleiberg/Kreuth – Verbesserungen und Betriebsausweitung. In: BBU Nachrichten, Werkszeitung der Bleiberger Bergwerks Union, Heft 54 (Feb. 1981), S.7f

²⁷ Steiner H.J. Brief an Bleiberger Bergwerks Union, z.Hd. Dr. Heinz Maier v. 21.11.1972.

²⁸ Enzfelder W. Betriebsverbesserungen und Betriebsausweitung in der Zentralaufbereitung des Blei-Zink-Bergbaues Bleiberg/Kreuth. In: Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Bd. 8 (Aug. 1981), S. 326ff.

²⁹ Karner S. Zur Kärntner Bergbaugeschichte des 20. Jahrhunderts. In: Grubenhunt & Ofensau. Vom Reichtum der Erde. Landesausstellung Hüttenberg/Kärnten 1995, Bd. II: Beiträge, Klagenfurt 1995, S. 195.

³⁰ Lichtbild: Endgültiger Jahresbericht 1982 der Blei-Zink-Aufbereitung Bleiberg/Kreuth. Bestand des Bergbaumuseums Klagenfurt, ursprünglich DI Jedlicka.

³¹ Rainer Ch. Bergbau Kreuth: Unser Abwasser ist sauber!. In: BBU Aktuell, Informationen für Mitarbeiter (vormals BBU Nachrichten), Heft 72 (Feb. 1991), S.7f.