

7. Literatur über Zinkgewinnung.

Allgemeines.

Max Liebig, Zink und Cadmium. Leipzig 1913, Otto Spamer. — Standardwerk. Schuchardt in Ullmanns Enzyklopädie d. techn. Chemie Bd. 12. Berlin und Wien 1923, Urban & Schwarzenberg.

Peters in Muspratts Chemie Bd. 9. Leipzig 1921. — Enthält eine Zusammenstellung sämtlicher Veröffentlichungen bis zum Erscheinungsjahr.

H. O. Hofman, Metallurgy of Zinc and Cadmium. New York 1922, McGraw-Hill Book Co.

W. R. Ingalls, The Metallurgy of Zinc and Cadmium. New York 1903, McGraw-Hill Book Co.

A. Lodin, Metallurgie du Zinc. Paris 1905, Dunod.

Zinkdestillation.

W. Holtmann, Der Zinkdestillationsprozeß. Halle 1927, W. Knapp.

Zinkelektrolyse.

O. C. Ralston & G. Eger, Zinkelektrolyse und naßmetallurgische Zinkverfahren. Halle 1928, W. Knapp.

Zinkoxydgewinnung.

Dammer-Peters, Chemische Technologie der Neuzeit Bd. 9. Stuttgart 1921, Ferd. Enke.

Kapitel X.

Quecksilber.

1. Geschichtliches und Verbreitung.

Das Quecksilber war zwar bereits im Altertum bekannt, doch taucht es in geschichtlichen Dokumenten später auf als die Edelmetalle, die Bestandteile der Bronze (Kupfer und Zinn), Eisen und Blei. Die Griechen verglichen es mit flüssigem Silber und nannten es „Wassersilber“, Hydrargyron (*ὑδράργυρον*), die Römer „lebendiges“ oder „geschmolzenes Silber“, *argentum vivum* oder *fusum*. Die erste Erwähnung findet es bei Theophrast (300 v. Chr.), der seine Gewinnung aus spanischem Zinnober durch Verreiben in einem Bronzemörser unter Zusatz von Essig beschreibt. Seine Herstellung durch Erhitzen von Zinnober war schon Dioskorides (100 v. Chr.) und Plinius bekannt. Die Alchimisten nannten es, wohl wegen seiner Flüchtigkeit und Beweglichkeit, Merkur, ein Name, der in die meisten Kultursprachen übernommen wurde (engl. mercury, daneben quicksilver; span.¹⁾ und ital. mercurio; franz. mercure).

Die ersten Nachrichten über sein Vorkommen beziehen sich auf Almadén in Spanien, wo es auch heute noch gewonnen wird; der dortige Bergbau nahm vor allem durch Einführung des Amalgamationsverfahrens für mexikanische Silbererze (1557) einen großen Aufschwung. Das zweite wichtige europäische Vorkommen von Idria in Krain (früher österreichisch, heute italienisch) wurde erst 1490 oder 1497 entdeckt; gleichzeitig fand man das Metall in der Rheinpfalz (Kirchheimbolanden, Mörsfeld, Tiefental, am Stahlberg, Königsberg, Potzberg u. a.), wo vor allem im 18. Jahrhundert recht erhebliche Mengen gewonnen wurden, bis um 1830 die Ergiebigkeit so weit sank, daß ein weiterer Betrieb nicht mehr lohnte. Andere Vorkommen befanden bzw. befinden sich in Böhmen (Beraun und Horovic, „Giftberg“; vom 15. Jahrhundert an bis ca. 1820 ausgebeutet), in Toskana (Abbadia San Salvatore und andere am Monte Amiata; schon früher, 1000 bis 1200, in Betrieb, dann erst wieder seit 1846); in Venetien (Valalta; im 18. Jahrhundert vorübergehend). In Deutsch-Österreich ist heute nur noch ein kleines Vorkommen von Quecksilberfahlerz bei Schwaz am Inn in Ausbeutung; die Gruben von Dellach in Oberkärnten haben wohl Zinnobererze in abbauwürdiger Menge aufgeschlossen, einen Hüttenbetrieb jedoch noch nicht aufgenommen.

¹⁾ Die gewöhnliche spanische Bezeichnung ist „azogue“.

In Peru war der Zinnober schon vor Eroberung durch die Spanier als „Llimpi“ bekannt; Gruben befinden sich in Huancavelica. Von größerer Wichtigkeit sind Mexiko (Guerrera) und vor allem Kalifornien (New Almaden, New Idria, Redington, Sulphur Bank u. a., erst im 19. Jahrhundert eröffnet).

Wichtigste Produktionsländer sind heute Spanien (Almadén), Italien (Idria und Monte Amiata), Kalifornien, Mexiko.

2. Produktion.

(Nach den statistischen Zusammenstellungen der Metallgesellschaft A. G., Frankfurt a. M.).

	1913	1927
	metr. t	metr. t
Spanien	1 246	2 492
Italien	1 004	1 990
Österreich und Ungarn	908	} 86
Übriges Europa	14	
Europa	3 172	4568
Asien	16	75
Ver. Staaten	670	384
Mexiko	166	81
Amerika	836	465
Gesamt-Produktion	4 024	5 108
Wert in Millionen RM.	19,740	74,340
Wert je kg RM.	4,87	14,57

3. Ausgangsmaterialien.

Zinnober, HgS. Weitaus wichtigstes Mineral mit theoretisch 86,2% Hg. Farbe cochenille- bis scharlachrot mit Diamantglanz.

Spez. Gewicht (6,7 bis) 8,2. Härte 2 bis 2,5. Kristallisiert hexagonal.

Begleiter fast stets gediegen Quecksilber, ferner häufig Pyrit und Markasit, daneben auch andere Schwefel-, ferner Arsen- und Antimonminerale, gediegener Schwefel und Bitumen („Quecksilberlebererz“). Gangart: Kalkstein, Kalkschiefer, Sandstein, Serpentin, Andesit, Basalt u. a.

Bildet aus Thermen abgesetzte Imprägnationslagerstätten in Gestalt meist derber, seltener kristalliner Gang- und Spaltenausfüllungen oder Imprägnierungen in sehr feiner Verteilung.

Gediegen Quecksilber, Hg. Kommt stets mit Zinnober als dessen Zersetzungsprodukt vor und daher unter denselben Verhältnissen wie dieser (Eigenschaften s. unten).

Bedeutend seltener als die genannten Quecksilberminerale und hüttenmännisch ohne jede Bedeutung sind: Quecksilberhornerz (HgCl), Coccinit (HgJ), Selenquecksilber (HgSe) und dessen Verbindungen mit Pb, Cu und S, z. B. der Onofrit, HgSe + 4 HgS.

Auch manche andere Erze sind Hg-haltig, so z. B. Fahlerze (mit bis 19% Hg) und manche Zinkblenden, z. B. die von Bensberg, bei deren Abröstung sich das Hg in angereichertem Zustande in den Flugstäuben bzw. im Bleikammerschlamm wiederfindet, aus denen es gewonnen werden kann.

Die Quecksilbererze sind meist sehr arm. Am reichsten sind noch die von Almadén mit 2,5 bis 15% (im Durchschnitt 11%) Hg; die von Idria und vom Monte Amiata enthalten nur 0,6 bis 0,7% Hg, die von Kalifornien 0,5 bis über 1% Hg. Erze mit 3% Hg gelten schon als „reich“.

4. Die für die Gewinnung wichtigsten Eigenschaften des Quecksilbers und seiner Verbindungen.

a) Metallisches Quecksilber.

Silberweißes, bei gewöhnlicher Temperatur flüssiges Metall.

Schmelzp.: $-38,9^{\circ}$. Siedep.: bei Atmosphärendruck 357° , verdampft jedoch schon bei Zimmertemperatur in erheblichem Maße. Kleine Mengen Pb oder Sn vermindern die Flüchtigkeit, Pt erhöht sie.

Spez. Gewicht: bei 0° 13,6, beim Schmelzp. 13,7 (flüssig) bzw. 14,2 $^{\circ}$ (fest), 1 cbm Dampf (357°) wiegt 3,9091 kg.

Spez. Wärme: $c_p = 0,03336 - 6,9 \cdot 10^{-6} t^{\circ}$ (fl.) bzw. 0,0341 (bei -40° , fest).

Schmelzwärme: 2,84 cal/g; Verdampfungswärme: 31,28 cal./g (0°).

Leitfähigkeit für Wärme: 67,7% von der des Ag; für Elektrizität: 1,6% von der des Ag.

Festes Quecksilber kristallisiert rhomboëdrisch, ist hämmer- und dehnbar und läßt sich mit dem Messer schneiden. Flüssiges Quecksilber neigt stark zur Tropfenbildung, doch genügen schon geringe Spuren von gelösten Verunreinigungen, um es zum Haften an der Unterlage zu bringen.

Besitzt starke Legierbarkeit mit anderen Metallen; ohne Bildung von Verbindungen unbegrenzt mischbar in flüssigem Zustand mit Cd, Zn, Pb, Bi, Sn, Sb; mit Au, Ag, Cu, Mg, den Alkali- und Erdalkalimetallen bildet es spröde Verbindungen; mit den Metallen der Eisengruppe und Al nicht oder kaum legierbar. Die Legierungen („Amalgame“) sind (abgesehen von denen der Edelmetalle, s. Bd. I) hüttenmännisch nur so weit von Interesse, als der Einfluß des Quecksilbers auf das bei der Gewinnung verwendete Material in Betracht kommt. Die Trennung auch von den Metallen, mit denen es Verbindungen bildet, erfolgt leicht auf Grund des vergleichsweise sehr niedrigen Siedepunktes durch Abdestillieren.

Chemisch besitzt das Hg in seinem Verhalten gegenüber den meisten Reagenzien den Edelmetallen nahekommende Eigenschaften. In trockener Luft oxydiert es bei gewöhnlicher Temperatur nicht, wohl aber bedeckt es sich bei Siedetemperatur nach einiger Zeit mit am Licht leicht wieder zerfallendem HgO. An feuchter Luft entsteht allmählich Hg₂O; unreines Hg reagiert bedeutend stärker und oxydiert sich auch in Abwesenheit von H₂O.

Schwefelwasserstoff reagiert bei gewöhnlicher Temperatur nur in Gegenwart von O_2 , sonst erst bei 550° unter Bildung von Hg_2S . Chlor greift schon bei gewöhnlicher Temperatur an und erzeugt $HgCl$ bzw. $HgCl_2$, auch in Abwesenheit von H_2O . HCl -Gas reagiert nicht oder, in Gegenwart von O_2 , nur sehr langsam.

In verdünnter HCl oder H_2SO_4 unlöslich, löslich in verdünnter HNO_3 , in kochender konz. H_2SO_4 und in Königswasser.

Mit Schwefel ist das Vereinigungsbestreben verhältnismäßig gering, jedoch größer als das des Ag .

b) Verbindungen mit Sauerstoff.

Quecksilberoxyd, HgO , spielt in der Metallurgie kaum eine Rolle, da es, ähnlich wie Silberoxyd, sich schon bei recht niedriger Temperatur zu zersetzen beginnt: $2 HgO \rightleftharpoons 2 Hg + O_2$, vor allem in Gegenwart von O_2 aufnehmenden Stoffen (S , SO_2 , C-Verbindungen).

Dissoziationstemperatur ungefähr 445° . Zersetzung, vor allem des feuchten Produktes, im Sonnenlicht bereits bei Zimmertemperatur.

Farbe gelb und rot, doch handelt es sich wahrscheinlich nicht um zwei Modifikationen, sondern nur um Farbunterschiede, die durch verschiedene Teilchengröße bedingt sind.

Reduktion von gelbem HgO durch H_2 beginnt bei 50° , die von rotem bei 115° , bei 230° vollständig; CO reduziert gelbes, trockenes HgO schon bei 0° nach 6 Std. vollständig, rotes bei 95° ; mit feuchtem HgO reagiert CO nicht. Wenig löslich in Wasser, $NaOH$ - und KOH -Lösung, leichter in konz. Erdalkali- und Alkalichloridlösungen, in Lösungen von Silbersalzen. Leicht löslich in HNO_3 , HCl und ammoniakalischen Ammonsalzlösungen.

Die andere Oxydationsstufe, das Quecksilberoxydul, Hg_2O , kommt hier nicht in Betracht.

c) Verbindungen mit Schwefel.

Quecksilbersulfid, HgS . Als Zinnober (s. oben) wichtigste Hg -Verbindung. Neben dieser roten hexagonalen Modifikation kommt noch eine schwarze, labile (Metacinnabarit) vor. Roter Zinnober wird am Licht (im feuchten Zustande) und beim Erhitzen auf 320° schwarz, beim Abkühlen wieder rot, wenn nicht die Temperatur bis 410° gesteigert wurde. Sublimiert bei Luftabschluß ohne Zersetzung und ohne zu schmelzen von ca. 300° ab, die Dampfspannung erreicht bei 580° Atmosphärendruck.

An der Luft erhitzt beginnt Oxydation je nach der Korngröße zwischen 230 und 300° , wird lebhaft bei 350 bis 400° unter Bildung von SO_2 und dampfförmigem Hg :

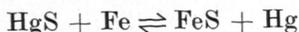


Bei höherer Temperatur findet die Reaktion hauptsächlich in der Dampfphase statt; neben SO_2 entsteht dann in zunächst steigendem Maße SO_3 . Bei langsamem Erhitzen erhält man bei 350 bis 400° auch $HgSO_4$ und Hg_2SO_4 , doch spielen diese bei normalem Betrieb nur eine untergeordnete Rolle.

Will man bei Abwesenheit von Luft die Sublimation von HgS vermeiden (z. B. bei Arbeiten in der Muffel), so kann man Zerlegung durch Kalkzusatz bewirken:



auch durch Metalle mit größerer Affinität zu S erfolgt Zerlegung, z. B.:



(führt bei Verwendung eiserner Retorten zu deren Zerstörung, wenn nicht genügend CaO zugesetzt wurde). Auch Fe_2O_3 wirkt ähnlich:



Wasserstoff reagiert von 280° an unter Bildung von Hg und H_2S (Umsetzung unter Luftabschluß bei 300° : 78,7%, bei 540° : 92,1%); ähnlich wirkt Wasserdampf bei Glühhitze. Mit PbO erfolgt Umsetzung zu Hg, Pb und SO_2 . Mit SO_2 keine Sulfatisierung, mit Cl_2 lebhaftere Reaktion unter Bildung von S_2Cl_2 und HgCl_2 .

Löslichkeit bedeutend geringer als die von Ag_2S und Cu_2S ; HNO_3 löst nur, wenn durch HCl verunreinigt; konz. und verd. H_2SO_4 und HCl wirken nicht oder kaum ein, wohl aber Cl_2 entwickelnde Lösungsmittel (Königswasser) unter Bildung von HgCl_2 .

Die andere Schwefelungsstufe des Quecksilbers, das Quecksilbersulfür, Hg_2S , spielt keine Rolle.

d) Quecksilbersalze.

Sie kommen, da die Quecksilbergewinnung ausschließlich auf trockenem Wege erfolgt, für die Metallurgie dieses Metalles nicht oder kaum in Betracht und seien daher hier nur kurz erwähnt.

Quecksilberchlorid, HgCl_2 , farblos oder weiß. Schmelzp. 275° , Siedep. 301° unter Bildung von wenig HgCl . Durch O_2 , auch in der Hitze, nicht zerlegt.

In Wasser löslich (100 ccm Wasser lösen bei 0° 4,3 g, bei 100° 54,1 g HgCl_2), Löslichkeit durch Zusatz von HCl und Chloriden (Bildung von Komplexsalzen!) erhöht. Auch in konz. H_2SO_4 unverändert löslich.

Quecksilberchlorür, HgCl , Kalomel. Farbe weiß, wird am Licht gelblich. Schmelzp. 502° , sublimiert schon bei 250° . In Wasser kaum löslich, löslich in HNO_3 und HCl (unter Bildung von HgCl_2), kaum in konz. H_2SO_4 .

Quecksilbersulfate: HgSO_4 , Merkurisulfat. Farbe weiß; hygroskopisch. Zerfällt in der Rotglut ohne zu schmelzen in Hg, SO_2 und O_2 . Durch wenig Wasser zu basischem Sulfat, $3 \text{ HgO} \cdot \text{SO}_3$, hydrolysiert, in viel Wasser zum Teil löslich. Bildet mit verd. HCl HgCl_2 und H_2SO_4 .

Hg_2SO_4 , Merkursulfat. Farbe weiß, wird an der Luft grau. Schmilzt bei schwachem Glühen unter teilweiser Zersetzung zu Hg, SO_2 und O_2 . Mit Wasser unter teilweiser Lösung hydrolysiert zu basischem Merkurisulfat unter Abscheidung von Hg. Löslich in verd. HNO_3 , aus Lösung durch H_2SO_4 gefällt. In heißer H_2SO_4 löslich, fällt beim Abkühlen und Verdünnen mit Wasser aus.

Alle Quecksilberverbindungen sowie das Metall selbst sind sehr giftig. Seine Gewinnung ist daher stets mit großen Gefahren verbunden, erhöht durch die Flüchtigkeit des Quecksilbers und seiner Verbindungen (s. auch S. 486).

5. Die Gewinnungsmethoden.

Soweit es sich um die Gewinnung des in gediegenem Zustand vorkommenden Quecksilbers handelt, das ja ein häufiger Begleiter des Zinnober ist, genügt eine Erhitzung über den Siedepunkt (357°), gleichgültig ob in Gegenwart oder Abwesenheit von Luft, und Kondensation der erzeugten Dämpfe. Da diese Mengen bei der Verarbeitung von Zinnober ohne weiteres mit erfaßt werden, ist im folgenden davon nicht weiter die Rede.

Für die Gewinnung aus dem neben gediegenem Quecksilber fast ausschließlich in Betracht kommenden Zinnober ist von grundlegender Bedeutung dessen leichte Zerlegbarkeit unter Abscheidung des Metalles, sei es, daß der Schwefel durch Rösten als SO_2 oder durch Erhitzen in Gegenwart von CaO als CaS bzw. CaSO_4 entfernt wird. Ferner ist von Wichtigkeit der niedrige Siedepunkt des Quecksilbers, der dessen bequeme und weitgehende Trennung von der Gangart und allen anderen Metallen lediglich durch Abdestillieren gestattet; und schließlich seine geringe Affinität zu Sauerstoff, welche es, im Gegensatz zum Zink, ermöglicht, das Metall auch in Gegenwart von Luft aus seinem Dampf in metallischem Zustande niederzuschlagen. Quecksilber ist daher von allen Metallen am leichtesten aus seinen Erzen zu gewinnen, und die sich aus dem Gesagten von selbst ergebenden Methoden (einfache Zerlegung des Sulfids durch Rösten oder CaO und Kondensation der Dämpfe) sind im Prinzip seit Agricolas Zeiten gleichgeblieben. Trotz des häufig sehr geringen Gehaltes der Erze sieht man wegen der Einfachheit dieser Verfahren und ihres verhältnismäßig hohen Ausbringens auch grundsätzlich von besonderen Anreicherungsarbeiten und nassen Methoden ab; eine Anreicherung durch Aufbereitung ist zudem, soweit es sich um eigentliche Quecksilbererze handelt, schwierig und meist unvollständig, und eine Laugung ist schon infolge der schweren Löslichkeit des HgS und des Hg ausgeschlossen.

Da das niedergeschlagene Metall infolge des niedrigen Taupunktes des Quecksilbers stets noch ganz oder zum Teil durch andere Kondensationsprodukte (z. B. Wasser, HgS , Bitumen) sowie durch mitgerissene Beschickungsbestandteile mechanisch verunreinigt ist, so bildet die Weiterverarbeitung des so entstehenden, als „Stupp“ bezeichneten Produktes einen wichtigen Bestandteil der Gewinnungsverfahren.

Handelt es sich um Erze, in denen das Quecksilber nur einen akzessorischen Bestandteil bildet, also um quecksilberhaltige Erze anderer wertvoller Metalle, so kann, wie z. B. bei manchen Fahlerzen, ein Abdestillieren des Hg vor Beginn der eigentlichen Verarbeitung erfolgen; oder es findet, wie z. B. bei Hg -haltigen Blenden, bei deren Verarbeitung zum Zwecke der Gewinnung des Hauptmetalles eine Anreicherung des Hg in den Flugstäuben statt, die dann selbst das Ausgangsmaterial für die Quecksilbergewinnung bilden.

Die älteste umfassende Beschreibung der Quecksilbergewinnung findet sich in Agricolas berühmtem Werke „De re metallica“ (deutsche Übersetzung der Agricolagesellschaft 1928). Ursprünglich (Idria 1530 bis 1641) wurden Tonretorten verwendet, diese dann durch solche aus Eisen ersetzt. 1633 erfolgte die Entdeckung des Schachtofenverfahrens durch Lopez Saavedra Barba in Peru; dieses

wurde 1646 von Bustamente in Almaden eingeführt, wo dieselben Öfen heute noch in Betrieb sein sollen. Die neuere Entwicklung betrifft vor allem die Verarbeitung großer Massen armer Erze in kontinuierlichem Betrieb und die Verbesserung der Kondensationseinrichtungen.

Wegen der Giftigkeit des Quecksilbers ist seine Gewinnung nicht ungefährlich, und es muß daher stets in umfassender Weise Vorsorge getroffen werden, daß die Arbeiter vor dem Einatmen der Dämpfe und Berührung mit dem Metall bewahrt bleiben. Die große Ähnlichkeit mit der Bleikrankheit¹⁾ aufweisende Quecksilbervergiftung gehört zu den unangenehmsten Gewerbekrankheiten. Daß auch das ständige Einatmen der geringsten Mengen von Quecksilberdampf zu sehr unangenehmen und quälenden Gesundheitsstörungen führt, hat in neuester Zeit Stock bewiesen.

Einer der unangenehmsten, wenn auch selten in erheblicher Menge auftretenden Begleiter des Quecksilbers ist das Arsen, das beim Rösten das flüchtige und ebenfalls giftige As_2O_3 bildet (Verdampfungsbeginn ca. 200°), dessen Dampfdruckkurve ähnlich der des Hg verläuft. Das gewonnene Hg ist daher unter Umständen durch As_2O_3 stark verunreinigt, und dieses führt dann zu erhöhter Bildung von Stupp (s. oben), aus der es infolge seiner Wasserlöslichkeit durch Behandeln mit Wasser ausgelaugt werden kann, soweit es nicht bereits in den Stuppwässern gelöst ist. Da im übrigen As_2O_3 schon bei höherer Temperatur als Hg kondensiert, so findet es sich in den ersten Kondensationsprodukten in angereicherter Form. Ähnlich verhält sich Antimon bzw. dessen flüchtiges aber nicht giftiges Trioxyd, Sb_2O_3 .

Der geringe Gehalt der Quecksilbererze verbietet meist deren weiten Transport; ihre Verarbeitung erfolgt daher im allgemeinen bei der Grube. Umfang und Größe der Hütte und damit zum Teil auch die angewendete Methode sind deshalb in weitgehendem Maße von Leistung und Fördermenge der Grube abhängig.

Die Gewinnung des Quecksilbers aus seinen Erzen zerfällt in die 2 Abschnitte:

- A. Die Zerlegung des Zinnobers bzw. die Erzeugung von Quecksilberdampf.
- B. Die Kondensation des Quecksilberdampfes.

Daran schließt sich die Verarbeitung der Stupp.

A. DIE ERZEUGUNG VON QUECKSILBERDAMPF.

Sie erfolgt heute ganz allgemein und grundsätzlich durch den Röstprozeß, meist mit direkter Heizung, und nur noch in Ausnahmefällen durch Zerlegung des HgS mittels CaO in Gefäßöfen²⁾. Die Röstung erfordert zwar eine kostspieligere Einrichtung, welche sich nur bei Ausführung in größerem Maßstabe

¹⁾ Vergiftungserscheinungen: Knochenhautauftreibung, Zahnfleischanschwellung, Zahnausfall, Nieren- und Lebererkrankungen und allgemeiner Kräfteverfall, der rasch zum Tode führt; die Erkrankung ist meist chronischer Natur, doch scheint im Laufe von Generationen eine gewisse Gewöhnung der Arbeiter an Hg einzutreten.

Wichtigste Vorbeugungsmaßregeln: Gute Entlüftung der Arbeitsplätze, Reinigung der Hände vor Einnahme der Mahlzeiten, Mundpflege, tägliches warmes Baden und Wechsel der Arbeitskleidung.

²⁾ Näheres über die Anwendungsmöglichkeit dieses Verfahrens s. S. 497.

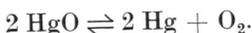
lohnt und weil die infolge der Vermischung mit SO_2 und Feuerungsgasen verdünnten Dämpfe zu ihrer Kondensation auch einer ausgedehnteren Anlage benötigen, indessen ist der Betrieb, was vor allem bei armen Erzen ins Gewicht fällt, bedeutend billiger.

I. Die Röstarbeit.

Beim Erhitzen von HgS an der Luft findet die Reaktion



statt, und zwar bei 350 bis 400° lebhaft; um ein vollständiges Abdestillieren des Hg zu bewirken, muß dessen Siedepunkt (357°) mindestens innegehalten werden. Etwa dabei gebildetes HgO zerfällt bei den tatsächlich angewendeten höheren Temperaturen sofort wieder nach



Da HgS ebenfalls bereits bei 580° sublimiert, so besteht die Möglichkeit, durch Erhitzung auf oder über diese Temperatur das Hg auch aus Stückerzen als Sulfid auszutreiben, das dann in Berührung mit Luft zersetzt wird; es handelt sich dann also nicht mehr um eine Reaktion zwischen einem festen Körper (dem Sulfid) und einem gasförmigen (Luft), für welche eine grundlegende Bedingung die Schaffung einer großen Oberfläche ist (s. S. 288 und Bd. I, S. 181ff.), sondern um die bedeutend leichter durchführbare und vollständiger verlaufende Reaktion zwischen 2 Gasen. So günstig an und für sich eine weitgehende Zerkleinerung des Röstgutes auf die Beschleunigung des Röstprozesses wirkt, so kann im Interesse einer Verbilligung des Betriebes auf diese Bedingung verzichtet werden, wenn nur, was ja leicht und mit geringen Mitteln erreichbar ist, die Temperatur hoch genug gehalten und eine gute Vermischung des Sublimationsproduktes mit Oxydationsluft erzielt wird. Man wird also, soweit es sich nicht um Aufbereitungsprodukte handelt, die Zerkleinerung nur so weit führen, daß ein ungehindertes Entweichen der Dämpfe gewährleistet ist, d. h. der durch die Zerkleinerung bewirkte Aufschluß muß, entgegen der früher herrschenden Anschauung, um so weiter gehen, je ärmer das Erz ist; dabei ist zu berücksichtigen, daß durch die Erhitzung und das Entweichen der HgS -Dämpfe im allgemeinen ja eine weitgehende Auflockerung des Erzgefüges eintritt.

Die Kondensation der Dämpfe erfolgt (s. unten, S. 499) um so vollständiger, je konzentrierter sie sind; indessen vertragen sie eine recht weitgehende Verdünnung und andererseits ist das Risiko, durch Undichtheiten der Apparatur Verluste zu erleiden, zu groß, um deshalb die Anwendung der im Betriebe recht kostspieligen gemuffelten Röstöfen, etwa nach Art der Blenderöstöfen, an die man in erster Linie denken könnte, empfehlenswert erscheinen zu lassen; man nimmt daher lieber Verdünnung durch SO_2 , N_2 und Feuerungsgase in Kauf und führt dafür die gesamte Gasmenge in die Kondensationsanlage. Hinzu kommt, daß der Schwefelgehalt der Erze im allgemeinen nicht ausreicht, um nach erfolgter Entzündung des Gutes den Röstprozeß von selbst ohne Wärmezufuhr aufrechtzuerhalten.

Welcher Röstapparat von Fall zu Fall anzuwenden ist, hängt weitgehend von örtlichen Verhältnissen ab. Die in Europa fast ausschließlich verwendeten Röstschachtöfen (zu denen auch die „Schüttöfen“ gehören) sind vor allem für kleinere Mengen (unter 100 t/24 Std.) eines Materials von beliebigem Zerkleinerungsgrad und dort angebracht, wo menschliche Arbeit billig, mechanische Energie teuer ist; wo jedoch sehr große Massen, vor allem sehr armer und nicht zu feinkörniger Erze zur Verfügung stehen, Arbeitskräfte teuer, mechanische Energie billig sind (wie in den Vereinigten Staaten), ist in erster Linie der Trommelofen ins Auge zu fassen, während Telleröfen selten sind und die im Betrieb sehr teureren Handfortschaufler wohl kaum mehr angewendet werden.

Neuerdings sollen auch erfolgreiche Versuche auf dem Dwight-Lloyd-Apparat (s. S. 63) mit einem Zuschlag von 4 bis 5% Reduktionskohle ausgeführt worden sein; der Apparat wird zu diesem Zwecke mit einer dicht schließenden Haube versehen, die eine geregelte Luftzufuhr gestattet (Verfahren von Hyde).

Um trotz Verwendung von Öfen, die ohne Trennung der Röst- und Heizgase arbeiten, eine unnötige Verdünnung der Dämpfe sowie um ein Zusammenballen des Gutes im Ofen zu vermeiden, ist eine Trocknung des Erzes vor Aufgabe von großer Wichtigkeit; von einer solchen sieht man nur bei Anwendung von Drehtrommelöfen ab, bei denen ein gewisser Feuchtigkeitsgehalt zur Vermeidung von Flugstaub sogar erwünscht ist.

Ein Vortrocknen kann in warmen Gegenden durch Ausbreiten an der Luft erfolgen; zum weitergehenden Trocknen verwendet man besonders geheizte Einrichtungen, z. B. Trockentrommeln; oder man verwertet dazu die Abhitze der Röstschachtöfen, indem deren obere Teile als Trockeneinrichtungen ausgebildet sind (Gewölbe, oberste Dächer der Schüttöfen, besondere aufgesetzte Rieseltürme [s. Fig. 148, S. 492]).

Beispiel einer Trockentrommel (System Möller & Pfeiffer, Berlin) zu Abbadia San Salvatore. Leistung: 7 t/Std.; Trocknung: von 15 auf 4% H₂O. Temperatur: 150°; Heizung durch Abfallholz; Nachteil: starke Flugstaubbildung, erfordert besondere Kondensationseinrichtung.

Da ferner Stuppbildung durch alle festen und tropfbarflüssigen mitgerissenen oder kondensierenden Bestandteile der Dämpfe, also auch durch Ruß und Destillationsprodukte des Brennstoffes, begünstigt wird, so ist ein solcher zu wählen, der möglichst wenig Bitumen enthält und nicht zu Rußbildung neigt; am besten also Generatorgas oder harte Holzkohle, auch Koks ist geeignet. Das heute noch in Europa sehr häufig und früher in Amerika allgemein verwendete Holz erhöht dagegen infolge seines hohen Feuchtigkeitsgehaltes die Stuppbildung und sollte daher nur in Generatoren verbrannt werden; auch die heute in den Vereinigten Staaten übliche Ölfeuerung liefert in verstärktem Maße Kondenswasser und neigt vor allem zu Rußbildung. Um diese nach Möglichkeit zu vermeiden, soll ferner die Luftzufuhr so reichlich sein, daß sie zu vollständiger Verbrennung ausreicht (dies ist vor allem dann wichtig, wenn die Erze selbst bitumenhaltig sind); man erreicht dann gleichzeitig vollständige Oxydation von sublimiertem HgS.

Die erforderliche Menge des Brennstoffes ist in erster Linie vom Schwefelgehalt der Erze abhängig.

Von besonderer Wichtigkeit ist ferner, daß ein Austreten der giftigen Hg-Dämpfe in den Arbeitsraum vermieden wird, was man durch ausreichenden Zug in den Öfen und Kanälen und durch eine Ummantelung der Öfen mit Eisenblech erreicht; auch ist die Gicht möglichst geschlossen zu halten. Ferner ist Vorsorge zu treffen, daß ein Vollsaugen des Grundmauerwerkes mit dem sehr dünnflüssigen Metall verhindert wird, weshalb die Öfen prinzipiell auf einer eisernen Grundplatte montiert werden.

Die europäischen Werke sind zum Teil vollkommen veraltet, so vor allem das dem spanischen Staate gehörige in Almadén, während die früher österreichische Hütte in Idria ganz moderne Einrichtungen besitzt.

a) Die Röstarbeit in Schachtofen.

Für kleinere Mengen (bis 100 t/24 Std.) groben oder feinen Materials, das nur wenig gediegen Hg enthält, geeignet; ferner für Gegenden mit billigen Arbeits-

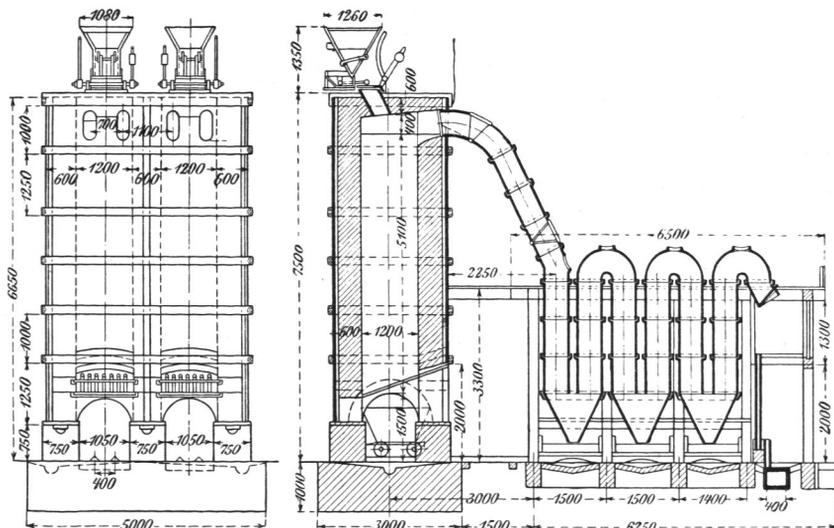


Fig. 146. Spirek-Ofen für Groberze.
(Aus C. Schnabel, Handb. der Metallhüttenkunde, 2. Aufl., Bd. II.) Maße in mm.

kräften, hohen Energiekosten, und für abgelegene Werke, die nicht in der Lage sind, große Vorräte an Reserveteilen zu halten. Hauptsächlich in Europa in Gebrauch.

1. Groberze.

Der in Europa für Groberze fast allgemein benutzte Ofen ist der **Spirek-Ofen** (Almadén, Idria, Abbadia San Salvatore). Er besteht (s. Fig. 146) aus einem gemauerten, mit Eisenblech gepanzerten Schacht von z. B. (Abbadia San Salvatore) 1 m Durchmesser, 5,10 bis 7 m Höhe, mit einem Rost aus um 20° gegen die Horizontale geneigten Vierkantstäben versehen. Meist sind mehrere Öfen aneinander gebaut.

Das Erz (Idria 20 bis 90 mm Korngröße) wird mit dem Brennstoff gemischt aufgegeben; die Arbeit besitzt große Ähnlichkeit mit der an den Antimon-

Röstschaftöfen (s. S. 240). Durchsatz in 24 Std.: 6 bis 15 t Erz, das un-
gefähr in Abständen von 2 bis 2 $\frac{1}{2}$ Std. nachgesetzt wird. Brennstoff-
verbrauch: 1,5% (Holzkohle) bis 2,5% (Steinkohle, Koks). Vor Aufgeben
frischer Beschickung wird eine entsprechende Menge ausgebrannten Röst-
gutes zwischen den Roststäben herausgeholt. Da auf dem Rost stets eine
Schicht abgerösteter Rückstände gehalten wird, so ist die Temperatur des
entleerten Produktes niedrig (80 bis 100°); es darf nicht mehr rauchen, was
auf ungenügende Abrüstung deutet und außerdem zu einer Schädigung der
Arbeiter führen würde. Hg-Gehalt (Idria): 0,0005 bis 0,0025%.

Dichter Gichtverschluß, z. B. durch Parryschen Trichter und Glocke mit
Wasserverschluß; die Dämpfe verlassen den Ofen mit ca. 120° durch ein
starkes gußeisernes Rohr.

Ein ähnlicher, bedeutend größerer Ofen, jedoch ohne Rost, ist der von Novák,
2,40 m lang, oben und unten 1,30 m breit, in der Mitte auf 2 m erweitert, 8,60 m
hoch; Inhalt: 21,7 cbm; Durchsatz in 24 Std. 15 t Erz, was einer Leistung von
0,7 t je cbm entspricht (Špirek-Ofen 0,8 bis 1 t). Heizung durch Holz (0,1 cbm
je t Erz).

In den Vereinigten Staaten hat sich der auch für Feinerze geeignete

New Idria-Ofen gut bewährt. Er besitzt einen engen langen Schacht mit
angebauten Heizkammern für Ölfeuerung, beides in feuerfestem Material.
Durchsatz in 24 Stunden: 56 bis 57 t (Erz von 64 bis 254 mm) bzw. 52
bis 53 t (Erz von 22 bis 64 mm). Bedienung: 3 Mann je Schicht. Ziehen
und Beschicken erfolgt in Abständen von $\frac{1}{2}$ Stunde. Ölverbrauch: 2,4%
des Erzes.

Die Dämpfe gelangen mit 150 bis 200° durch seitlich eingebaute Gußeisen-
rohre in die Kondensation.

Der Ofen soll sich durch geringe Klinkerbildung auszeichnen.

Der Bustamente- oder Alludel-Ofen (span. horno Bustamente oder horno
de aludeles; 1633 durch den peruanischen Arzt Don Lopez Saavedra Barba
zu Huancavelica erfunden) ist eine durchaus veraltete, jedoch heute noch in
Almaden verwendete Type¹⁾, ein sog. Schachtflammofen, bei dem nur die Feuer-
ungsgase mit der Beschickung in Berührung kommen.

Kreisförmiger Schacht (6 bis 9 m hoch, 1,33 bis 2 m Durchmesser) mit durch-
brochenem Gewölbe, das mit Stückerz (das ärmste unten, das reichste oben)
und mit Stupp eingebundenem Feinerz beschickt wird; oben auf die Beschickung
kommen noch einige flache Schalen, die Stupp enthalten. Heizung unter dem un-
tersten Gewölbe, Holz (17 bis 21%) oder Kohle (9,5%).

Betrieb diskontinuierlich; Eintrag: 9,5 (bis 14,5) t Erz mit 11% Hg; Brenndauer:
2 Tage. Die Rückstände enthalten noch 0,012% Hg.

Quecksilberverlust sehr hoch (15 bis 20%), da Ofen nicht gepanzert und Konden-
sation (Alludeln s. später) sehr mangelhaft.

Andere, ebenfalls vollkommen veraltete „Schachtflammöfen“ sind der, sich
vom vorigen nur durch die Kondensation unterscheidende Idrianer-Ofen mit
seinen Abarten, dem „Franz-“ und dem „Leopoldi-Ofen“, sowie der Ofen von
Redington (Calif.).

¹⁾ Der erste, 1646 erbaute Ofen soll heute noch in Betrieb sein!

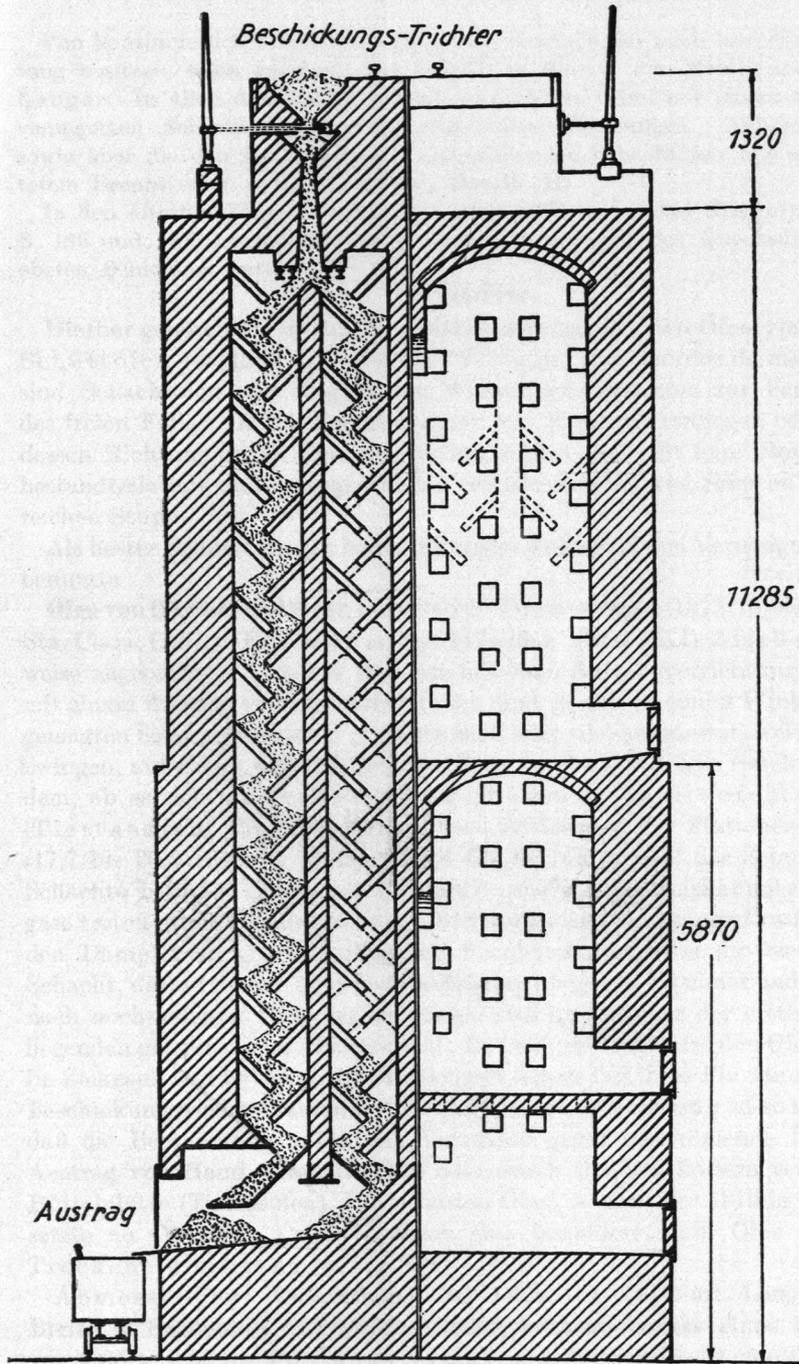


Fig. 147 a.

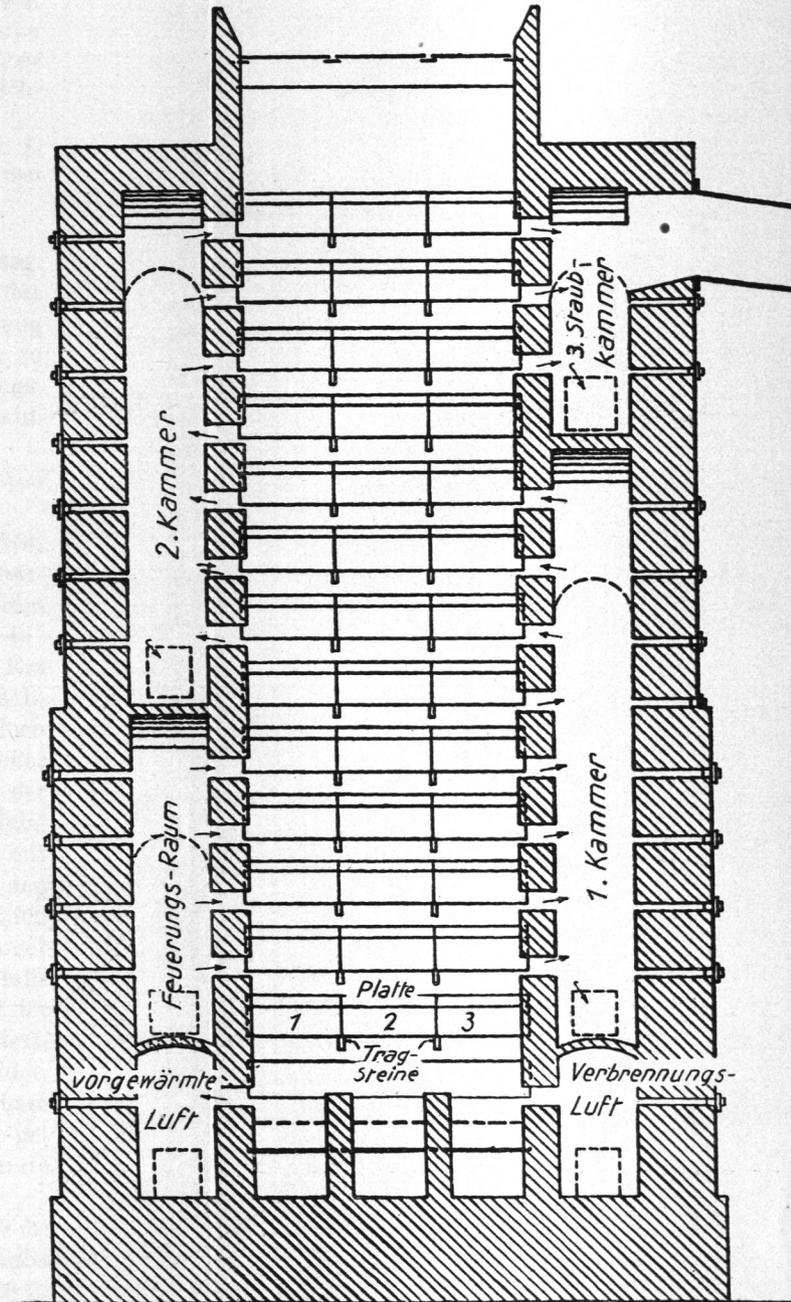


Fig. 147 b.

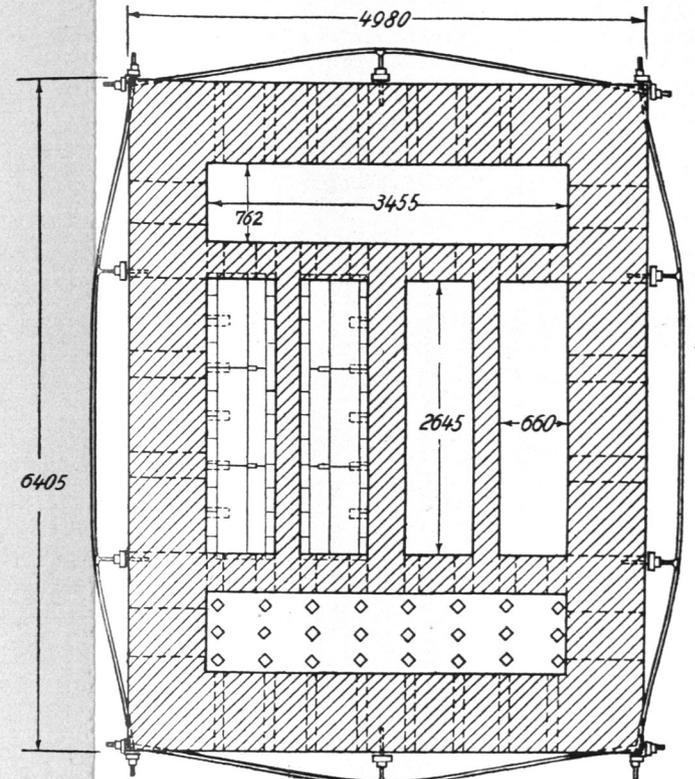


Fig. 147 c.

Fig. 147a—c. Scott-Ofen, längs- und querschnitten.
(Aus Duschak u. Schütte, Met. of Quicksilver.)
Maße in mm.

Von kontinuierlich arbeitenden Öfen, die ebenfalls nur noch historische Bedeutung besitzen, seien genannt: der Ofen von Knox, von Exeli und der von Langer. In allen drei Fällen handelt es sich um Öfen, mit einem nach unten verengerten Schacht und seitlich angebauten Feuerungen. Näheres darüber sowie über die den Kalkbrennöfen nahestehenden Schachttöfen mit eingeschichtetem Brennstoff s. z. B. Schnabel, Handb. II.

In den ältesten Zeiten wurde sogar auch in Haufen und Stadeln (s. Bd. I, S. 186 und 187) abgeröstet; dabei fand Kondensation des Quecksilbers in den oberen Schichten statt.

2. Feinerze.

Hierher gehören die in Europa weitaus gebräuchlichsten Ofentypen, die sog. Schüttöfen (englisch tile oder shelf furnaces, span. hornos de menudo), das sind Schachttöfen mit eingebauten Widerstandselementen zur Verhinderung des freien Falles. Da die Feuerungsgase dem Erzstrom entgegen oder quer zu dessen Richtung durch den Ofen ziehen, reißen sie leicht feine Beschickungsbestandteile mit und erzeugen daher verhältnismäßig viel einer an Flugstaub reichen Stupp.

Als bester Schüttofen gilt heute der hauptsächlich in den Vereinigten Staaten benutzte

Ofen von Hüttner und Scott, kurz Scott-Ofen genannt (1875/76, New Almdén, Sta. Clara, Calif.). Er besitzt (s. Fig. 147 a bis c, Tafel XXI) 2 bis 6 enge, paarweise angeordnete Schächte, die oben mit einer Aufgebevorrichtung und unten mit einem Austrag versehen sind. Innen sind sie mit in einem Winkel von 45° geneigten Schamotteplatten (englisch shelf oder tile) ausgesetzt, welche das Erz zwingen, auf einem zickzackförmigen Weg durch den Ofen zu rieseln. Je nachdem, ob es sich um die Verarbeitung gröberer (Granzitaofen) oder feinen (Tierrasofen) Erzes handelt, ist die Entfernung der Plattenenden größer (17,7 bis 20,3 cm) oder geringer (7,6 bis 12,7 cm). Auf der Schmalseite der Schächte befindet sich unten eine allen gemeinsame Heizkammer; die Heizgase treten durch Öffnungen in den Seitenwänden ein, gelangen zusammen mit den Dämpfen in gegenüberliegende Staubkammern, von da wieder in den Schacht, darauf in eine über der Heizkammer liegende Kammer und schließlich nach nochmaligem Passieren des Schachtes in den über der ersten Kammer liegenden gemeinsamen Abzugskanal; die Gase passieren also den Ofen ebenfalls im Zickzack und haben so die Möglichkeit, einen Teil ihres Flugstaubes auf der Beschickung wieder abzuladen. Die Aufgebevorrichtung ist so konstruiert, daß die Beschickung selbst den Verschuß gegen einströmende Luft bildet. Austrag von Hand (Granzitaofen) oder durch eine auf Rädern verschiebbare Rüttelplatte (Tierrasofen). Die neuesten Öfen, so z. B. der 1919 in Betrieb gesetzte zu Oat Hill, Calif., besitzen eine besondere, dem Ofen aufgesetzte Trockeneinrichtung (s. Fig. 148).

Abmessungen: Gesamthöhe des Ofens ca. 12,50 m; Länge: 6,40 m; Breite (4 Schächte): ca. 5,00 m. Jeder Schacht besitzt einen Querschnitt von $2,65 \times 0,68$ m. Fassungsvermögen (4 Schächte): 21 cbm (= ca. 29 t); das Erz passiert den Ofen in 15 bis 20 Stunden (je reicher das Erz, um so langsamer); Durchsatz in 24 Stunden 9 bis 55 t je nach der Anzahl, Länge und Höhe der Schächte. Korngröße der Beschickung max. $6\frac{1}{2}$ bis $7\frac{1}{2}$ cm; sie

darf sich nicht ballen und muß daher gegebenenfalls vorgetrocknet werden. Ein hoher Gehalt an sehr feinem Material ist schädlich, da die Beschickung dann leicht auf den Platten festbackt und sich der Oxydation entzieht, während frisch aufgegebenes Gut darüber rieselt und den Ofen zu rasch passiert. Brennstoff: Holz (7 bis 8%) oder Öl (2,6 bis 3%), auch Kohle oder Gas verwendbar. Bedienung: 1 Mann je Schicht, außerdem 1 Aufseher und 1 Helfer je Tag.

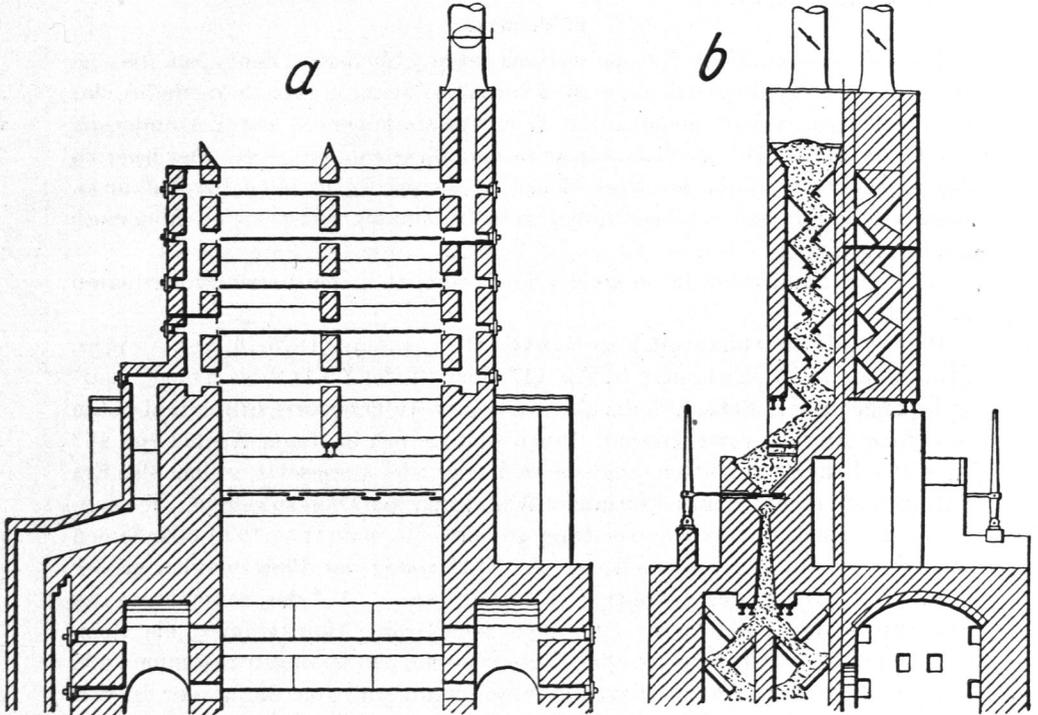


Fig. 148 a, b. Erz-Trockeneinrichtung eines Scott-Ofens.
(Aus Liddell, Handbook of non ferrous Met.)

Um noch im fertigen Röstgut vorhandene Hg-Dämpfe auszutreiben, leitet man die Sekundärluft durch dieses hindurch und erreicht so gleichzeitig mit einer Abkühlung des Röstgutes deren Vorwärmung.

Die Temperatur der abziehenden Gase wird ständig gemessen; sie soll so hoch sein, daß eine vorzeitige Kondensation von Hg vermieden wird, d. h. 40 bis 50° über dem Taupunkt; dieser ist von der Hg-Konzentration der Dämpfe abhängig und liegt z. B. bei einer Gasmenge von 600 cbm je t einer Beschickung mit 0,6% Hg bei 120°. Regelung der Temperatur erfolgt durch Änderung der durchgesetzten Erzmenge und des Verhältnisses Feinerz : Groberz (je gröber das Erz, um so heißer geht der Ofen). Bei hohem Schwefelgehalt setzt man auch Kalk zu, was die Arbeit verteuert, oder man vermindert den Luftzutritt, was vermehrte Bildung von Stupp (s. später) zur Folge hat.

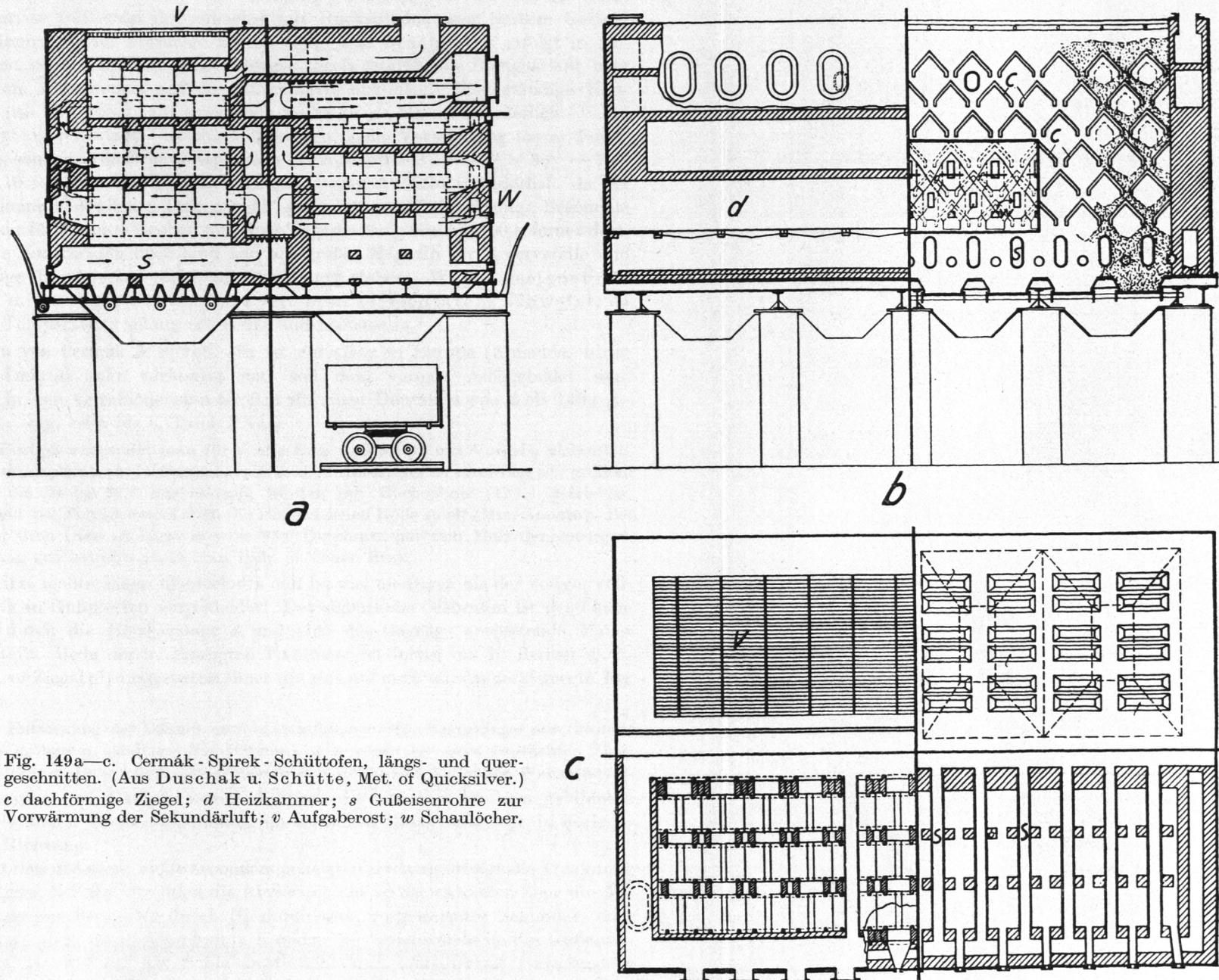


Fig. 149a—c. Cermák-Spirek-Schüttlofen, längs- und querschnitten. (Aus Duschak u. Schütte, Met. of Quicksilver.)
 c dachförmige Ziegel; d Heizkammer; s Gußeisenrohre zur Vorwärmung der Sekundärluft; v Aufgaberost; w Schaulöcher.

Das Anheizen muß, um ein Springen der Platten zu vermeiden, sehr langsam (2 bis 3 Wochen) und vorsichtig geschehen; ist der Ofen auf Temperatur, so füllt man ihn zunächst mit Rückständen oder taubem Gestein und dann erst mit normaler Beschickung. Das Beschieken erfolgt in Abständen von $\frac{1}{2}$ Stunde. Das gezogene, noch rotglühende Röstgut läßt man vor dem Abtransport auf der Räumplatte abkühlen. Eine ständige Kontrolle (im Sichertrog) auf etwa noch vorhandenes Hg ist erforderlich.

Vorteile: Geringe Unterhaltungskosten, keine Verwendung teurer Formsteine, sondern von Schamottplatten (Ver. Staaten $3'' \times 15'' \times 36'' = 7,62 \times 38,10 \times 91,44$ cm), kein Kraftbedarf, wenig Aufsicht erforderlich, da der Ofen keine beweglichen Teile enthält, gute Brennstoffausnutzung. Besonders geeignet für kleinere Gruben mit einer Tagesleistung von bis 100 t, ferner dort, wo die Kraftkosten hoch sind und ein großes Magazin für Reserveteile und tüchtige Handwerker nicht zur Verfügung stehen. Wenig geeignet für Erze mit hohem Gehalt an Pyrit oder elementarem Schwefel, da dann Temperaturregelung schwierig und kostspielig.

Ofen von Čermák & Špirek. Er ist vor allem in Europa (Almadén, Idria, Mte. Amiata) sehr verbreitet und soll dem vorigen nachgebildet sein. Wird in den verschiedensten Größen für einen Durchsatz von 6 bis 140 t gebaut (s. Fig. 149a bis c, Tafel XXII).

In Europa verwendet man für reiche Erze und Stupp mit Vorliebe kleine 6 t-Öfen, da in ihnen am leichtesten vollständige Abröstung zu erreichen ist; größere Öfen, die 24 bis 26 t durchsetzen, werden mit Buchenholz (12 %) betrieben, während bei den kleineren Öfen die Holzart keine Rolle spielt (Mte. Amiata). Bei den größten Öfen zu Idria mit bis 85 t Durchsatz hat sich Holz-Generatorgasfeuerung gut bewährt (0,14 cbm Holz je Tonne Erz).

Besitzt rechteckigen Querschnitt und ist viel niedriger als der vorige, vollständig in Gußplatten eingekleidet. Der eigentliche Ofenraum ist der Länge nach durch die Heizkammer *d* und eine die Gaszüge enthaltende Mauer unterteilt. Jede der so erzeugten Kammern ist mit 6 bis 10 Reihen dachförmiger Ziegel *c*¹⁾ ausgestattet, über die das auf max. 40 mm zerkleinerte Erz rieselt.

Die Entfernung der Dächer muß bei staubfeinem Material geringer sein (35 mm) als bei gröberem, sandigem (bis 100 mm), teils wegen der sonst verstärkten Flugstaubbildung, teils wegen des größeren, den Gasen sich bietenden Widerstandes.

Heizgase und Dämpfe streichen durch die von den Dächern gebildeten Kanäle, deren Vertikalverbindung im seitlichen Mauerwerk liegt, in horizontaler Richtung.

Auf den obersten, nicht besonders geheizten Dächern erfolgt die Trocknung des Erzes, auf den folgenden die Abröstung und in der untersten Zone die Abkühlung des Röstgutes durch Hindurchleiten vorgewärmter Sekundär- oder Röstluft; diese wird außerdem in Kanälen der Seitenwände und in Gußeisenrohren (*s*), die auf der Sohle angebracht sind, vorgewärmt (verschiedene Konstruktionen). Das Röstgut gelangt schließlich in den Austragstrichter und von da zum Abtransport in einen Wagen oder eine Wasserrinne.

¹⁾ Bei den neuesten Öfen sind die zwei oberen Dächerreihen aus Gußeisen.

Das Gut wird vorher auf max. 7% Feuchtigkeit getrocknet, dann auf dem Aufgaberost *v* gleichmäßig ausgebreitet; auch hier ist ein hoher Gehalt an Feinem schädlich. Findet ein Festbacken auf den Dächern statt, so müssen die Ansätze durch die zu diesem Zweck vorgesehenen Schaulöcher (*w*, *w*) weggestoßen werden. Wegen der geringeren Höhe findet das Beschicken und Ziehen in bedeutend größeren Intervallen (2 Stunden) statt als beim vorigen Ofen. Die Temperatur der Trockenzone soll über 100° betragen, die der Röstzone liegt zwischen 300 und 700°. Temperatur der austretenden Gase: 200 bis 250°.

Brennstoffverbrauch: 10 bis 12% Holz (3500 Cal) bzw. (Almadén) 0,8% Steinkohle. Belegschaft: bei sehr kleinen Öfen 2, sonst 3 Mann je Schicht.

Der Nachteil gegenüber dem vorigen Ofen besteht in dem häufigen Bruch der Dächer, der einen ständigen Vorrat an Formsteinen erfordert und ungefähr innerhalb von 2 Jahren eine vollständige Erneuerung des Innenausbauens zur Folge hat (Hüttner-Scott-Ofen erst nach 5 Jahren). Auch Zugstörungen und damit ein Austreten von Dämpfen sollen häufiger stattfinden. Ferner kondensiert sich Hg an den eisernen Arbeitstüren und sammelt sich zwischen dem Eisenmantel und Mauerwerk an. Der Durchsatz je Arbeitskraft ist geringer, der Brennstoffverbrauch höher, da infolge der geringen Höhe des Ofens die Verbrennungs- und Oxydationsluft durch einen ebenfalls energieverbrauchenden Exhaustor angesaugt werden muß.

Hierher gehört auch der, heute wohl kaum mehr benutzte Livermore-Ofen, dessen Schächte nicht vertikal, sondern um 50° gegen die Horizontale geneigt liegen; das rasche Abrutschen der Beschickung wird hier durch eingebaute Mauergurte verhindert. Länge: 9 bis 10,5 m; Breite: 17 cm; Höhe: 30 cm i. L. Heizung direkt und indirekt durch eine Rostfeuerung. Durchsatz in 24 Std.: 17,5 t; Brennstoffverbrauch: 0,21 cbm Holz je Tonne Erz.

b) Die Röstarbeit in mechanischen Öfen.

Ihre Aufstellung ist nur dann lohnend, wenn der Durchsatz so groß ist, daß ein Ersatz der Handarbeit ins Gewicht fällt. Sie werden daher heute vornehmlich dort angewendet, wo es sich um Werke handelt, die sehr arme Erze in Mengen von mindestens 100 t/Tag verarbeiten. Auch eine abgelegene Lage der Gruben mit schwierigem Ersatz der Reserveteile ist für ihre Verwendung nicht günstig; ferner müssen die Kraftkosten im Vergleich zu den Löhnen gering, und es soll ein Stamm guter Arbeiter vorhanden sein.

Noch am häufigsten benutzt man

Drehtrommelöfen (engl. rotary kilns) s. Fig. 150a bis c), die sich seit 1918 in den Ver. Staaten steigender Beliebtheit erfreuen (nach den neuesten Berichten sollen heute über 90% der dortigen Produktion solchen entstammen¹⁾).

Ihre Röstdauer ist, im Gegensatz zu den Schüttöfen, bei denen sie bis auf 24 Stunden steigt, sehr gering, so daß das Gut in der heißesten Zone nur wenige Minuten verweilt. Sie sind daher nur auf solche Erze anwendbar, die ihr Hg sehr leicht abgeben, also vor allem einen hohen Prozentsatz davon gediegen enthalten. Wegen der großen strahlenden Oberfläche ist ferner die

¹⁾ Die Patente werden durch die H. W. Gould-Co., San Francisco, kontrolliert.

Brennstoffausnutzung im allgemeinen schlechter, als bei den Schacht- und mechanischen Telleröfen. Ein großer Nachteil besteht ferner hier ganz beson-

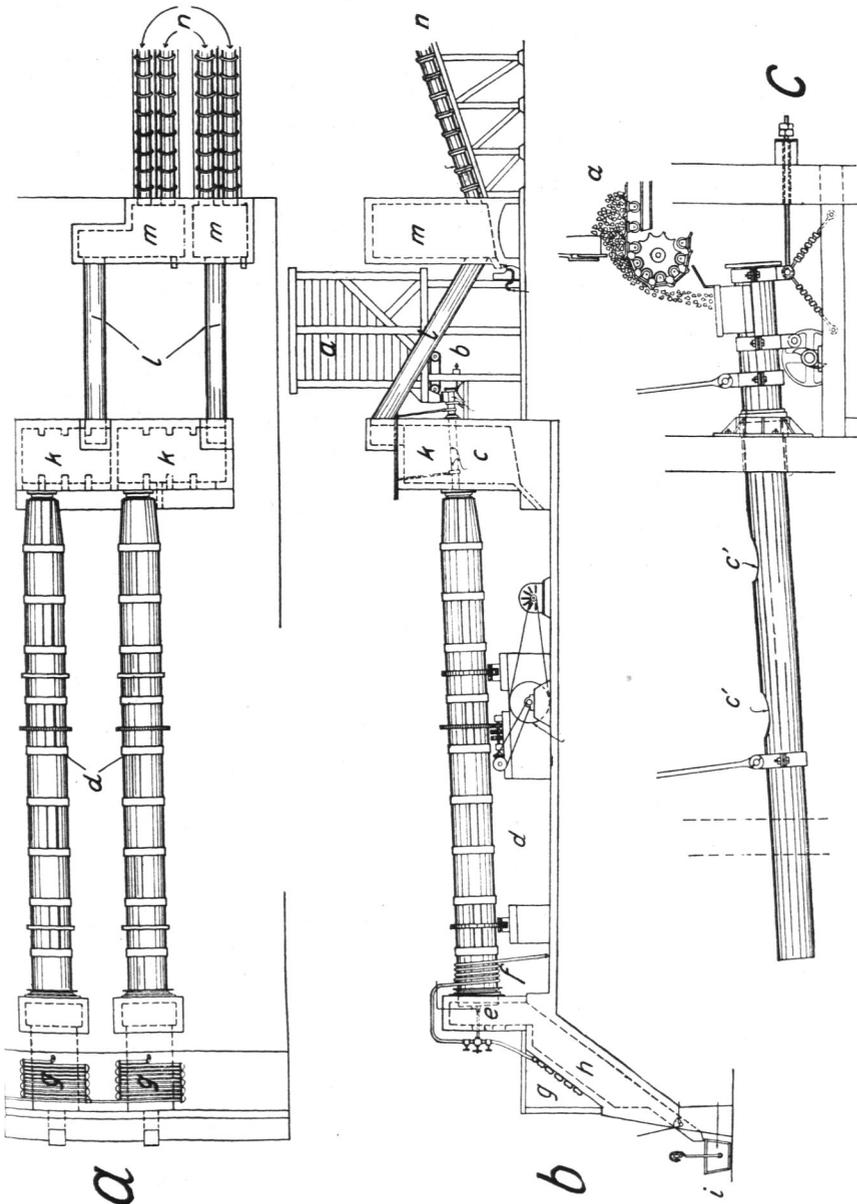


Fig. 150a, b. Drehtrommelöfen (Doppelöfen-Anlage) zu New Idria, Californien; Grund- und Aufriß.

Fig. 150c. Beschickungseinrichtung. (Aus Duschak u. Schütte, Met. of Quecksilber.)

Die aus dem Vorratsbehälter *a* kommenden Erze werden mittels der Aufgabevorrichtung *b* (Fig. 150c) in die Trommelöfen *d* eingeführt, welche sie über *h* verlassen, um mittels des Kübels *i* abtransportiert zu werden. Heizung bei *e* mittels bei *g* vorgewärmten Öls, welches durch bei *f* vorgewärmte Druckluft zerstäubt wird. Die Quecksilberdämpfe verlassen durch *c* den Ofen, treten durch *c'e* in die Vorkammern *k*, von wo sie durch die Kühlrohre *l* und die Kammern *m* in die aus glasierten Steinzeugrohren *n* bestehende Kondensation gelangen.

ders in der starken Flugstaubentwicklung, die zu reichlicher Bildung von Stupfführt; man sucht sie durch Anfeuchten der Beschickung und dadurch zu vermindern, daß man dem Ofen an Stelle der drehenden eine schaukelnde Bewegung (1 Schwingung/Min.) gibt. Gegen die bei dem üblichen Austrag des heißen

Röstgutes in Wasser auftretende starke Staubentwicklung kann man sich dadurch helfen, daß man das Röstgut mittels einer Schnecke eine Kühleinrichtung passieren läßt.

Ein großer Vorteil ist die Möglichkeit, auch sehr feine Erze zu verarbeiten, sowie die vollkommene Vermeidbarkeit eines Dampfaustrittes in den Arbeitsraum.

Weitaus die meisten verwendeten Trommelöfen arbeiten mit direkter Heizung, doch kommen auch solche vor, die eine Ummantelung besitzen, durch welche die dann getrennt abziehenden Heizgase geführt werden. Bei den ersteren muß zur Vermeidung unnötigen Eintrittes von Falschlufft ein möglichst dicht schließender Anschluß an die Aufgabe- und Austrageinrichtungen vorgesehen sein.

Beispiele: 1. *Abbadia San Salvatore, Mte. Amiata.* Länge der Trommel 16 m, Durchmesser außen 1,65 m, innen 1,25 m; vollständig ausgemauerter Blechzylinder, um 5 % gegen die Horizontale geneigt. Fassung: 1 t Erz (5 mm Korngröße); Durchsatz: 100 t in 24 Std.; Brennstoffverbrauch: 10 % (Holz); Temperatur der Abgase: 250 bis 320°.

2. *New Idria, San Benito County, Calif.* Länge: 17 m, Durchmesser im Durchschnitt außen 1,52 m, innen 1,22 m; Trommel gegen das Beschickungsende verjüngt. Neigung: 4 %; Kraftverbrauch: 15 PS für 2 Öfen; Umdrehungszahl: 1/Min. Heizung durch auf 80° vorgewärmtes Öl, Zerstäubungsluft auf 70° erwärmt. Ölverbrauch: 2,56 % des Einsatzes; Durchsatz: 64 t/24 Std., Belegschaft je Ofen 0,8 Mann/Schicht, d. i. 25,6 t je Mann und Tag.

Viel seltener als Trommelöfen verwendet man

Mehretagenöfen. Auch bei ihnen läßt sich eine starke Staubentwicklung nicht ganz vermeiden; außerdem ist der Brennstoffverbrauch hoch, da der S-Gehalt meist für die Entzündung nicht ausreicht und eine besondere Heizung der oberen Herde deshalb und zur Verhinderung der Kondensation des Hg innerhalb des Ofens erforderlich ist. Trotzdem sind sie dann angebracht, wenn es sich um die Verarbeitung S-reicherer Erze handelt.

Beispiel: *Senator-Grube zu New Almadén, Calif.* Herreshoff-Ofen (s. Bd. I, S. 199) mit 6 Herden von 4,88 m Durchmesser. Verarbeitet werden täglich 38 t Konzentrate und Erze von 19 mm Korngröße. Der Schaft besitzt im Trockenherd 4, in den Röstherden 2 Krählarne mit Luftkühlung. Umdrehungszahl: 0,8/Min. Ölfeuerung durch 2 Düsen für den untersten, außerdem ein Hilfsbrenner für den 5. Herd. Brennstoffverbrauch: 4,7 % des Eintrages; Kraftverbrauch: 10 PS. Die Dämpfe passieren vor Eintritt in die eigentliche Kondensation zur Abscheidung des Flugstaubes (1 bis 1,5 t/Tag) eine elektrische Gasreinigungsanlage, die sie mit 350° betreten.

Außer den genannten Ofentypen stehen vielleicht da und dort noch Fortschaulungsofen (s. Bd. I, S. 191) in Betrieb, die jedoch wegen der teuren, beschwerlichen und ungesunden Handarbeit sowie infolge des hohen Brennstoffverbrauches und der unnötig starken Verdünnung der Dämpfe durch Ansaugen von Falschlufft durch die Arbeitstüren nicht zu empfehlen sind.

Abmessungen, z. B. (*Idria*): Schamotteherd von 5,40 × 2,30 m; die Feuerungsgase ziehen zunächst unter dem Herd durch und bestreichen dann die Beschickung von oben. Durchsatz: 3,5 t reiche Erze oder Stupp, 7 t arme Erze. Brennstoffverbrauch: 3 cbm Holz/Tag.

Über die Verwendung von *Dwight-Lloyd-Apparaten* s. oben S. 488.

II. Die Zersetzung von HgS durch CaO (Arbeit in Gefäßöfen).

Sie beruht auf der Zerlegung von HgS nach der Gleichung:



und wird naturgemäß unter Ausschluß von Luft (um eine Verdünnung der Dämpfe durch SO_2 und N_2 zu vermeiden), also in Gefäßöfen (Fig. 151) mit eingebauten Muffeln oder Retorten (engl. retorts) ausgeführt. Man wendet das Verfahren wegen der einfachen, auch in kleinstem Maßstabe ausführbaren Anlage dann in erster Linie an, wenn es sich darum handelt, aus einer neu aufgeschlossenen Lagerstätte rasch Quecksilber zu gewinnen, um durch dessen Verkauf die Mittel zur Errichtung einer Rösthütte zu beschaffen, falls die Lagerstätte ergiebig bleibt. Ferner kann das Verfahren dort in Betracht kommen, wo, wie z. B. in Schwaz a. Inn, ein quecksilberhaltiges Kupferfahlerz gewonnen wird, aus welchem vor dem Verkauf das sonst unbezahlt bleibende Hg gewonnen werden soll, und dessen Abröstung infolge des hohen S- und As-Gehaltes unnötig stark verdünnte und verunreinigte Quecksilberdämpfe liefern würde. Da es diskontinuierlich und mit geringem Durchsatz arbeitet und aus diesem Grunde sowie wegen des hohen Brennstoffverbrauches (indirekte Heizung!) und der hohen Kosten für die Retorten im Betrieb unverhältnismäßig teuer ist, so lohnt es sich trotz der guten Kondensierbarkeit der konzentrierten Dämpfe außerdem im Dauerbetrieb nur für sehr reiches Material (Stupp, ausgeklaubte Erze). Das Ausräumen der Retorten ist wegen des fast unvermeidlichen Dampfaustrittes in den Arbeitsraum ungesund, und die Verluste, vor allem durch Retortenbruch, sind hoch (im allgemeinen 20 bis zu 50%).

Als Material für die Retorten verwendete man in früheren Zeiten, in denen das Verfahren allgemeiner angewendet wurde, Ton und ersetzte diesen

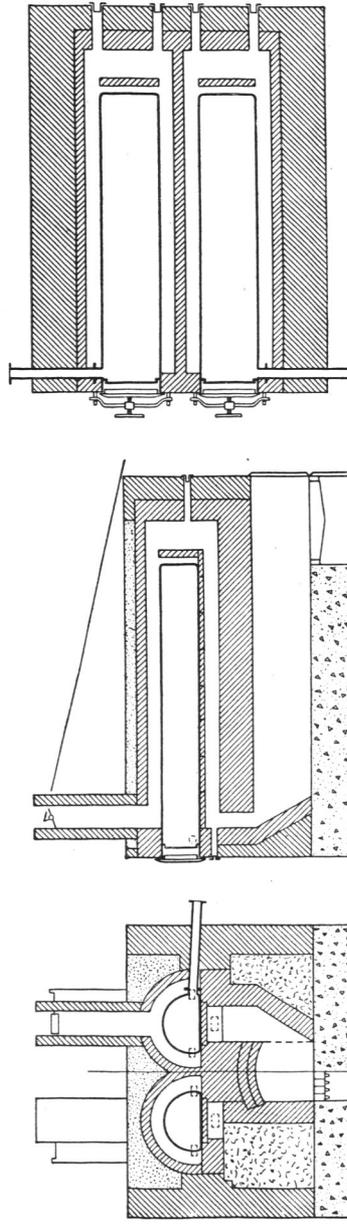
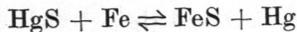


Fig. 151. Gefäßöfen der Oceanic-Grube, Cal. (Aus Duschak u. Schütte, Met. of Quicksilver.)

später durch das wesentlich haltbarere Gußeisen. Da Fe in Berührung mit HgS nach der Gleichung:



sowie durch den S-Gehalt der Feuerungsgase in brüchiges FeS umgewandelt wird, so bilden diese Retorten auch heute noch einen besonders wunden Punkt des Verfahrens; auch bei genügendem Zusatz von Ätzkalk ist daher deren Haltbarkeit gering (6 bis 8 Monate).

Die Retorten besitzen heute vorwiegend die Gestalt von Röhren mit rundem Querschnitt (in den Ver. Staaten „Johnson McKay“ gen.); daneben kommen solche mit D-förmigem Querschnitt (sog. D-Retorten), ferner von Birnen- oder Flaschenform vor (Ausführungsbeispiele s. unten). Die runden Röhren werden bis zu 12 in einem Ofen vereinigt; Wandstärke ca. 2,5 cm. Die (amerikanischen) „D“-Retorten sind einzeln oder zu 4 bis 6 eingebaut; die Beschickung wird hier nicht direkt, sondern in Blechpfannen eingesetzt; ihr Fassungsvermögen steigt bis 450 kg, Chargenzahl: 2/24 Std.

Als Zuschlag dient gebrannter, feinkörniger Kalk in inniger Mischung mit dem Erz.

Zusammenstellung einiger Ausführungsbeispiele.

	Idria ¹⁾	Schwaz ²⁾	Cornacchino ¹⁾	Pine Flat ¹⁾	Vereinigte Staaten ³⁾	
Gefäße:						
Form	Ret.	Röhren	Retorten	Ret.	Röhren	D-Ret.
Länge m . .	2,24	2,30	2,30	2,83	1,98	1,83
Breite bzw.						
Dm. m . .	0,69	0,49	0,74	0,63	0,305	0,457
Höhe m . . .	0,34	—	0,37	0,47	—	0,305
Inhalt cbm .	0,525	0,431	0,556	0,837	0,145	ca. 1,7
Fassung kg .	135	220—275	200—250	75	90	180
Anzahl im Ofen	2	5	3	1	bis 12	1—6
Brenndauer Std.	4—6	8—12	7—8	8	8—12	?
Leistung d. Ofens t/24 Std. . . .	1,08—1,62	3,35	1,8—2,25	0,225	1,8—3,6	0,7—5,4
Leistung v. 1 cbm t/24 Std. . . .	1,00—1,54	2,67	1,07—1,35	0,27	bis 2,085	0,4—0,5
Brennstoff . . .	Braunk.	Braunk.	Holz	?	?	?
Brennstoffverbr. % d. Eins. . .	22—33	22—39	100	?	?	?
CaO-Zuschlag, % des Erzes. . .	10	10	16—20	10	?	?
Hg-Geh. d. Erzes	10	1,8—2,0	30	2	?	?

Beispiel: Quecksilberhütte Schwaz am Inn. Verarbeitet wird ein Kupferfahlerz mit 0,07% Hg, 0,8% Cu; Gangart: Dolomit. Durch naßmechanische Aufbereitung erhält man monatlich 30 bis 40 t Konzentrat mit in trockenem Zustande 1,8 bis 2% Hg, 25 bis 26% Cu, 3,3% Fe, 0,318% Ag, 12 bis 15% Sb, 5 bis 8% As, 17,5% S, 1,8% Zn, 0,5% H₂O, ca. 31% (a. d. Diff.) Erden. Soweit die Aufbereitung nicht bereits Feines liefert, muß alles auf 2 mm zerkleinert werden.

¹⁾ Nach Schiffner, Tb. f. Bg.- u. Hl.

²⁾ Nach persönlichen Mitteilungen.

³⁾ Nach Liddell, Non ferrous Metallurgy.

Ofen (s. Zusammenstellung) mit 5 gußeisernen Retorten, von denen die beiden der Feuerung am nächsten liegenden und daher heißesten mit je 275 kg Erz-Kalk-Gemisch beschickt werden und eine Gangdauer von 8 Std. besitzen, während die beiden kälteren nur je 220 kg in 10 bis 12 Std. durchsetzen. Wandstärke 25 mm. Die Retorten bestehen aus gußeisernen Röhren, die vorne und hinten mit Deckeln verschlossen sind.

Lebensdauer: 6 bis 8 Monate. Heizung durch eine Muldenrostfeuerung mit Unterwind, Braunkohle von Grobgrieskörnung, 20 bis 35 % der Beschickung. Temperatur: 900 bis 1000° in den Muffeln; Bedienung: insgesamt 2 Mann je Schicht.

Das Quecksilber wird zu etwa $\frac{2}{3}$ direkt als Metall gewonnen, zu $\frac{1}{3}$ als Stupp mit 80 bis 90 % Hg, die nach dem Behandeln mit CaO und Auspressen eines Teiles des Hg mit ca. 25 bis 30 (bis 45 %) Hg in die Retorten zurückgeht.

Die Rückstände enthalten noch 0,05 bis 0,07 % Hg und werden an Kupferhütten verkauft.

Verlust ca. 10 %, kann jedoch bei Undichtwerden der Retorten bis 50 % steigen.

Das gewonnene Quecksilber ist sehr rein (0,1 % Verunreinigungen) und wird in eisernen Flaschen von 34,5 kg Inhalt verkauft. Jahresproduktion: 5500 bis 6000 kg.

B. DIE KONDENSATION DER QUECKSILBERDÄMPFE.

Sie ist natürlich für die Wirtschaftlichkeit der Anlage von der allergrößten Bedeutung, da von ihrer zweckmäßigen Einrichtung und Betriebssicherheit die Höhe des Ausbringens bzw. der Verluste in erster Linie abhängt. Und zwar ist eine vollkommene Niederschlagung um so wichtiger, je ärmer das Erz ist. Da das Quecksilber, wenn es einmal aus der Dampfphase in den tropfbar flüssigen Zustand übergegangen ist, sich wegen seines hohen spez. Gewichtes verhältnismäßig leicht abscheidet, so ist vor allem eine gute Kühlung von Wichtigkeit. Der Partialdruck des Hg-Dampfes und damit dessen Konzentration ist um so geringer, je niedriger die Temperatur, so daß die Menge des nicht kondensierbaren entweichenden Hg mit sinkender Temperatur abnimmt¹⁾. Je mehr ferner von den mitgerissenen und mit verdampften

¹⁾ Der Sättigungsdruck p in mm Hg-S. läßt sich nach der Formel

$$\log p = 9,9073436 - (3276,628 : T) - 0,65199 \log T$$

(nach Smith & Menzies) berechnen. Man erhält dann für

t	p, mm
0°	0,000207
10°	0,000537
20°	0,00131
30°	0,00299
40°	0,00648
50°	0,01340
100°	0,2793
150°	2,811
200°	17,22

Aus dem Gewicht von 1 cbm Quecksilberdampf bei der Siedetemperatur 357° (3,9091 kg) kann man das Gewicht der Quecksilbermenge berechnen, mit der 1 cbm Gas bei t° und 760 mm Druck gesättigt ist:

$$w = 3,9091 \frac{1 + 357 \alpha}{1 + \alpha t} \times \frac{p}{760} = 0,011882 \frac{p}{1 + \alpha t} \text{ kg.}$$

$\alpha = 1:273 = 0,00367$.

1 cbm gesättigter Dampf von 150°, der die Kondensationsanlage betritt, enthält dann 21,54 g Hg und verläßt die Anlage bei 20° mit 0,0145 g. Da außerdem eine

Verunreinigungen vor Abkühlung unter den Taupunkt des Hg abgeschieden wird, um so geringer ist die Stuppbildung, um so höher das direkte Ausbringen. Da der Taupunkt um so niedriger liegt, je stärker die Dämpfe verdünnt sind, so ist die erforderliche Abkühlungstemperatur auch von deren Konzentration abhängig. Im allgemeinen rechnet man mit einer Austrittstemperatur von höchstens 40° , um den Hg-Gehalt der Endgase auf ein vernünftiges Maß herabzudrücken; dieser spielt dann im Vergleich zu den auf Undichtigkeiten zurückzuführenden Verlusten eine sehr unbedeutende Rolle.

Da ferner die dem Gase zu entziehende Wärmemenge wegen der hohen Verdampfungswärme des Wassers um so größer ist, je höher der Gehalt an Wasserdampf, so ist auch aus diesem Grunde eine gute Trocknung der Erzbeschickung von großer Bedeutung.

Da die Undichtigkeiten einer solchen Anlage mit deren Ausdehnung wachsen und damit auch die Schwierigkeiten, den erforderlichen Zug aufrechtzuhalten; da ferner jede Undichtigkeit und jedes Quecksilber aufsaugende Flächenelement zu Verlusten Veranlassung gibt, so soll eine richtig gebaute Kondensationsanlage so kompensiös wie möglich sein. Sie besteht dann aus einer Vorkammer zur Abscheidung mitgerissener Erzteilchen, der eigentlichen Kühlanlage mit möglichst intensiver Kühlwirkung (am besten mit Wasser berieselte Röhren, doch ist Vorsorge zu treffen, daß kein Wasser in die Absitzkästen für Stupp eindringen kann), und einer oder mehreren anschließenden Kammern, in denen unter dem Einfluß der verminderten Gasgeschwindigkeit die letzten kondensierbaren Bestandteile zu Boden fallen. Man erreicht so gleichzeitig, daß die Abscheidung des Quecksilbers sich fast ausschließlich auf die Kühlanlage beschränkt, während Vor- und Nachkammern eine verhältnismäßig arme Stupp liefern. Alle Teile sollen bequem zugänglich und durch Schieber absperrbar sein, damit ihre Reinigung ohne wesentliche Störung des Ofenbetriebes möglich ist; aus demselben Grunde soll die Anlage in mehrere getrennte, parallel arbeitende Systeme zerfallen, die so dimensioniert sind, daß bei Ausschaltung eines davon die übrigen die gesamte Gasmenge bewältigen können, ohne daß deshalb Zugstörungen auftreten.

Um die bei der Reinigung sonst unvermeidlichen Verluste zu vermeiden, soll ferner die gesamte Arbeitssohle unter der Anlage mit einem geneigten,

Volumkontraktion infolge der Abkühlung im Verhältnis $T_{20}:T_{150}$ auf 0,693 cbm erfolgt, so entsprechen den die Kondensationsanlage betretenden 21,54 g $0,693 \times 0,0145 = 0,01$ g Hg in den austretenden Gasen; der unvermeidliche Quecksilberverlust beträgt dann (wenn man von der infolge der Quecksilberabscheidung außerdem eintretenden, keine Rolle spielenden Volumabnahme absieht) 0,05%, ist also von sehr untergeordneter Bedeutung.

Treten die Gase anstatt mit 20° mit 40° aus, so ergibt sich bereits ein Verlust von 0,23%, d. h. bei einer Zunahme der Austrittstemperatur auf das Doppelte entsteht in diesem Fall ein fast fünffacher Verlust.

Ist der eintretende Dampf nur zu $\frac{1}{4}$ gesättigt, so enthält er also nur $\frac{1}{4}$ der oben angenommenen Hg-Menge, und der unvermeidliche Verlust wächst relativ auf das Vierfache; außerdem beginnt die Kondensation des Hg erst ungefähr bei 119° , ein großer Teil der Kondensationseinrichtung dient also lediglich zur Kühlung und geht für die Niederschlagung verloren.

dichten, leicht zu reinigenden Überzug von säurefestem Zement versehen sein, in dem sich Rinnen befinden, welche alle durch das Spülwasser mitgerissenen Teilchen in Klärsümpfe leiten.

Das Material für die Kondensationseinrichtung muß nicht nur gegen Quecksilber, sondern auch gegen das sich ausscheidende saure Wasser widerstandsfähig sein, außerdem soll es, um einen raschen Wärmeabtransport und damit gute Abkühlung zu ermöglichen, hohe Wärmeleitfähigkeit besitzen. Diese Forderungen erfüllt in vollkommenstem Maße säurefestes Metall (z. B. gewisse Ni-Cu-Legierungen), ferner dünnwandiges, glasiertes Steinzeug, das am besten in Gestalt enger Röhren verwendet wird. Dessen einziger Nachteil ist die große Zerbrechlichkeit; doch lassen sich Sprünge leicht mit Zement verschmieren, so daß die Haltbarkeit bei guter Behandlung recht zufriedenstellend ist. Daneben kommt auch Gußeisen in Betracht, das jedoch teuer ist und nur dort Verwendung findet, wo die Temperatur der Gase hoch oder stark schwankend ist, also direkt hinter den Öfen. Schmiedeeisen wird von der verdünnten Säure zu stark angegriffen. Holz widersteht zwar, vor allem, wenn mit einem Teer- oder Asphaltanstrich versehen, dem Säureangriff ganz gut, ist jedoch ein schlechter Wärmeleiter und erfordert wegen seiner geringen Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Einflüsse und da es schwer dicht zu halten ist, hohe Unterhaltungskosten; man sollte es daher, wenn überhaupt, nur zur Leitung der Abgase von der Kondensationsanlage zur Esse verwenden, wo eine Verdünnung der Gase durch angesaugte Falschlufte noch am wenigsten schadet und ein Austreten von Dämpfen nicht zu befürchten ist. Häufig wird hier noch Wasser eingespritzt zur Abscheidung der letzten Reste an suspendierten Teilchen. Auch aus säurefestem Material gemauerte Kammern werden trotz ihres schlechten Wärmeleitvermögens angewendet, doch nehmen sie leicht viel Hg auf und sollen daher innen mit glasierten Ziegeln ausgekleidet sein; zur Beschleunigung der Abkühlung wird auch hier häufig Wasser eingespritzt, indessen erhöht solches die Stuppmenge und ist daher ebensowenig zu empfehlen, wie eine Abkühlung durch eingeblasene Kaltluft, welche die Dämpfe verdünnt, die Verluste in den Endgasen erhöht. Kammern sind außerdem schwer zu reinigen und führen dort, wo tote Ecken entstehen, d. h. eine längere Einwirkung von SO_3 auf Hg-Dämpfe möglich ist, leicht zur Bildung von Hg-Sulfat. Man verwendet sie daher in modernen Anlagen nur noch zur Vor- und Nachreinigung und mit verhältnismäßig kleinen Abmessungen; ihr Boden soll geneigt sein.

Da eine Abkühlung weit unter den Taupunkt des Wassers erfolgen muß, so sind alle Kondensationseinrichtungen, bei denen Feuchtigkeit stört, also z. B. Sackfilter, nicht zu verwenden. Elektrische Gasreinigung ist zwar sehr wirksam und wird auch ab und zu verwendet (z. B. New Almadén Quicksilver Mining Co.), doch ist auch hierbei die Absonderung feuchten sauren Materials unangenehm; außerdem ist es zweifelhaft, ob sich die großen Aufwendungen für den Bau solcher Anlagen lohnen, zumal die zu bewältigende Gasmenge auch bei den größten Quecksilberhütten verhältnismäßig gering ist und man denselben Erfolg wegen der leichten Kondensierbarkeit durch wesentlich einfachere Einrichtungen erreicht.

Die Geschwindigkeit der Gase soll auch im Röhrenkondensator 0,5 bis höchstens 0,75 m/Sek. nicht überschreiten, da sonst zwar gute Kühlung, aber schlechte Niederschlagung erfolgt.

Der Transport der Gase erfolgt meist durch natürlichen Zug, vor allem wenn es möglich ist, die Esse hoch zu legen und so ihre Zugwirkung zu verstärken, und wenn die Anlage dicht ist, also von der Verwendung von Holzkammern abgesehen wird; die Zugwirkung wird durch die Kondensation begünstigt, außerdem kann man, falls erforderlich, an die Esse eine Heizung anbauen. Zweckmäßig ist es, für alle Fälle von Zugstörungen als Reserve einen kräftigen Steinzeugexhaustor vorzusehen.

Z. B. stehen in Abbadia San Salvatore drei Exhaustoren für je 212 cbm/Min. von 21°; $u = 100/\text{Min.}$; Flügelraddurchmesser 800 mm; Energieverbrauch 7,7 PS.

Die Kondensationseinrichtungen.

Sie sind zum Teil noch sehr primitiv und veraltet; dies gilt vor allem von denen der größten europäischen Hütte in Almadén, wo noch tatsächlich Raubwirtschaft getrieben wird. Man verwendet dort noch immer sog. Alludeln (span. aludeles oder caños — Fig. 152): ineinander gesteckte ausgebauchte Gefäße aus unglasier-

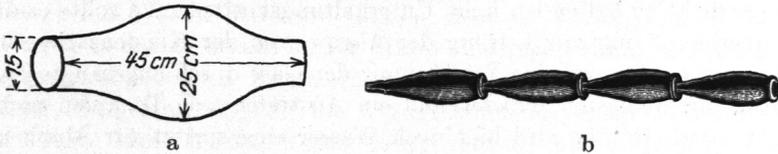


Fig. 152. Alludeln. (Aus C. Schnabel, Handbuch der Metallhüttenkunde, 2. Aufl., Bd. II.)

tem Ton (40 bis 45 cm lang, Durchmesser an den Enden 12 bis 15 cm, in der Mitte 20 bis 25 cm); sie werden zu einer großen Anzahl (12 je Ofen) zunächst ab-, dann aufsteigender Stränge von je 40 bis 45 Stück vereinigt, die schließlich in eine Flugstaubkammer münden. Das Quecksilber fließt durch Öffnungen im unteren Teile der Ausbauchung der Alludeln der absteigenden Stränge in Rinnen unter diesen, sammelt sich am tiefsten Punkt an und wird von da durch eine Querrinne weiter geleitet. Nachteile: Hohe Verluste infolge porösen Scherbens und vieler Undichtheiten, häufiger Bruch der Alludeln.

In Italien verwendet man hauptsächlich die Kondensationseinrichtung nach Čermak (Fig. 153): eine Anzahl neben- und hintereinander geschalteter, häufig mit Wasser berieselter Hosenrohre aus mit Zement ausgekleidetem Gußeisen oder glasiertem Steinzeug von elliptischem Querschnitt; sie können reihenweise ausgeschaltet werden und besitzen oben Reinigungsöffnungen. Die unteren offenen Enden tauchen ca. 5 cm tief in die mit Wasser gefüllten „Stuppkästen“ (mit Zement überzogenes Eisen) ein, in denen sich die Stupp ansammelt. Die abziehenden Gase gelangen zur Nachreinigung in mit Querränden versehene geteerte Holzkammern.

Eine moderne und auf Grund von Untersuchungen des U. S. Bureau of Mines 1918 errichtete Anlage befindet sich in der Hütte der Oat Hill-

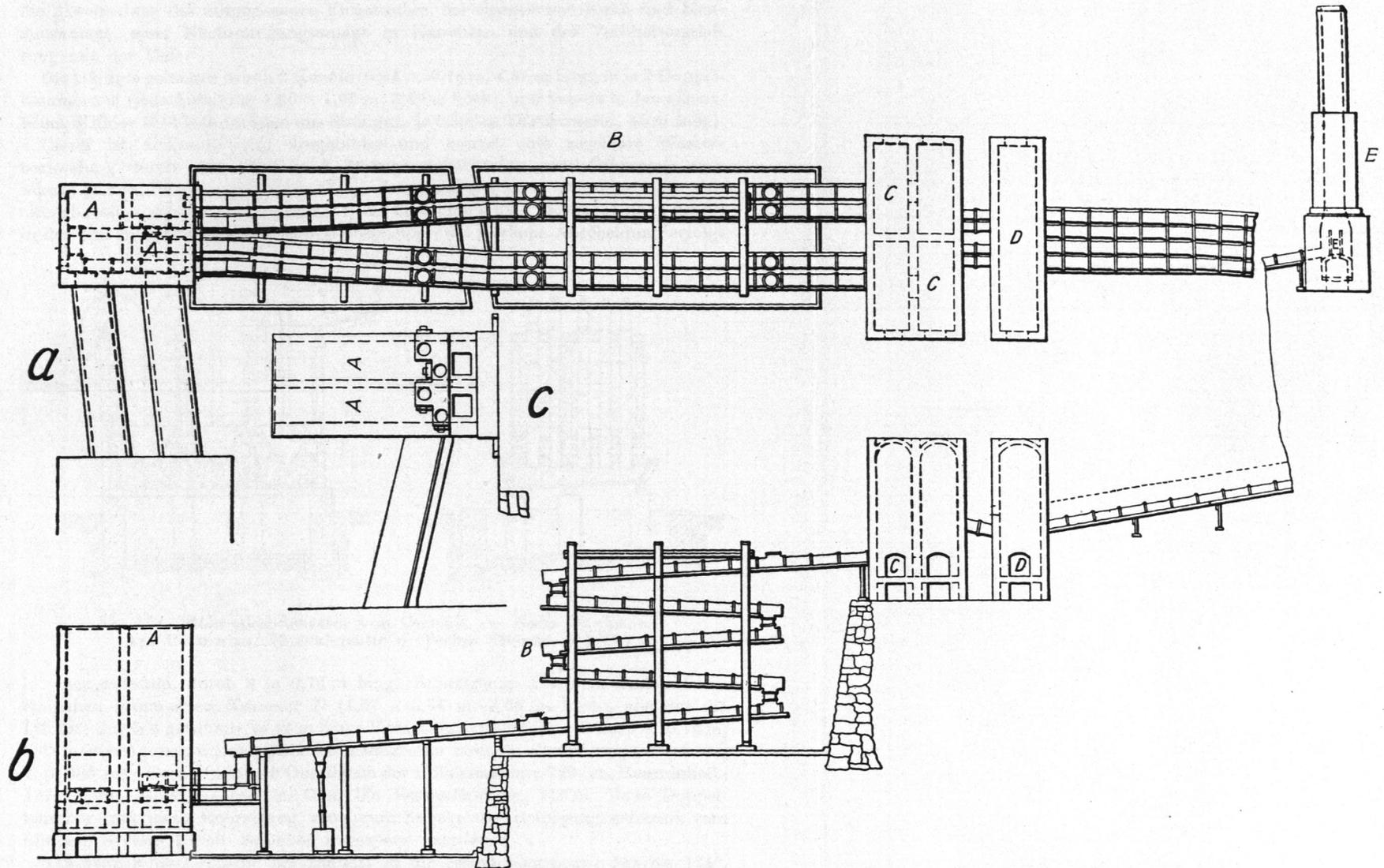


Fig. 154a—c. Moderne Kondensationsanlage für Quecksilberdämpfe der Oat Hill-Grube, Californien. (Aus Duschak u. Schütte, Met. of Quicksilver.)
A, A Vorkammern; *B* Kondensationsanlage aus Steinzeugrohren; *C, C* und *D* gemauerte Kammern; *E* Esse.

Grube zu Napa County, Calif. (s. Fig. 154, Tafel XXIII). Sie ist an einen 36 t-Scott-Ofen angeschlossen und bewältigt 0,25 cbm/Sek. von 0° bei 760 mm.

Die Anlage ist terrassenförmig aufgebaut und besteht aus der Einrichtung für die Abscheidung des mitgerissenen Flugstaubes, der eigentlichen Kühl- und Kondensanlage, einer Nachreinigungsanlage in Kammern und der Verbindungsleitung mit der Esse.

Die Dämpfe gelangen durch 2 Kanäle (0,84 × 0,76 m, 4,88 m lang) in je 2 Doppelkammern *A* (jede Abteilung 1,50 × 1,02 m, 5,49 m hoch), und von da in den eigentlichen Kühler *B* (4 Rohrstränge aus Steingut, je 0,305 m Durchmesser, 46 m lang).

Dieser ist zickzackförmig ausgebildet und besitzt eine regelbare Wasserberieselung durch eine über je 2 Stränge angebrachte, mit Öffnungen versehene Rinne; Wasserverbrauch: für je 2 Stränge 9 l/Min. Daran schließt sich eine vierteilige gemauerte Kammer *C* (jede Abteilung 0,98 × 2,59 m, 3,66 m hoch), in der sich in der Hauptsache Stupp abscheidet, die restliche Abscheidung erfolgt

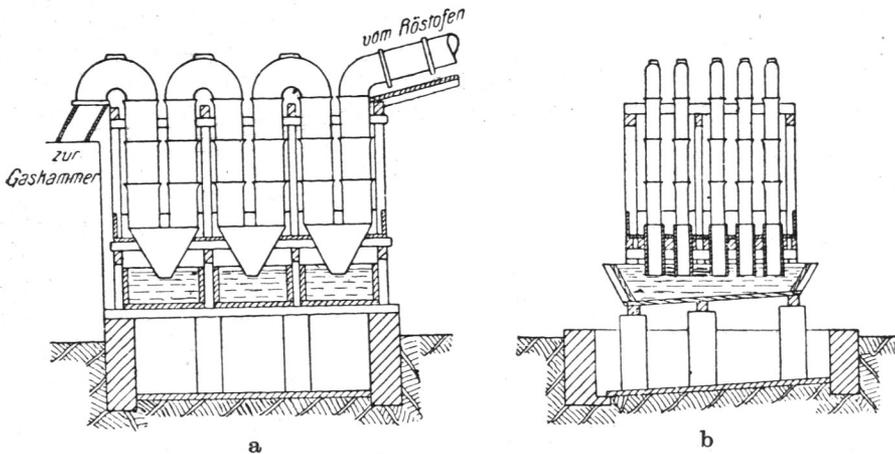


Fig. 153. Röhrenkondensator von Cermák. — Nach Oschatz.
(Aus Ullmann, Enzyklopädie d. Techn. Chemie, Bd. II.)

in einer weiteren, durch 4 je 0,76 m lange Rohrstränge mit jener verbundenen einfachen gemauerten Kammer *D* (1,07 × 5,34 m, 3,66 m hoch), aus der die Dämpfe durch 4 getrennte je 44 m lange Rohrstränge in die Esse *E* (0,76 × 0,76 m, 7,62 m hoch) gelangen; sämtliche Steinzeugrohre besitzen einen Durchmesser von 1' (0,305 m). Gesamtlänge von Ofen bis Essenmündung: 115 m. Jede Doppelkammer und jeder Rohrstrang kann zum Zwecke der Reinigung getrennt vom übrigen System durch Schieber abgesperrt werden.

Temperatur der Dämpfe bei Eintritt in die ersten Kammern: 148 bis 174°, bei Austritt 50 bis 70°, bei Verlassen des Kühlers 20 bis 30°; Austrittstemperatur aus der Esse meist nahe der Außentemperatur.

Die angesaugte Falschlufft schwankt je nach dem herrschenden Zug zwischen 0 und 10 % der durchgeschickten Gasmenge. Hg-Gehalt der entweichenden Gase (0°, 760 mm) 0,02 bis 0,04 g/cbm.

Die erst Mitte 1928 in Betrieb gekommene Hütte der Nevada Quicksilver Mines, Inc., bei Lovelock, Pershing Cty., Nevada, besitzt einen Trommelofen für 40 t Tagesleistung. Die Gase werden durch einen Exhaustor

aus Monelmetall (5 PS, 57 cbm/Min.) abgesaugt und passieren zunächst eine eiserne Vorkammer und 2 gut isolierte Zyklone, wo 99% des Staubes niedergeschlagen werden. Durch ein Bronzerohr, in das Wasser eingespritzt wird, gelangen sie dann in die eigentliche Kondensationsanlage: 7 Systeme von je 2 oben U-förmig verbundenen Rohren aus einer Ni-Cu-Legierung (6,10 m lang, 457 mm Durchmesser), unten an Bronzetrichter angeschlossen, die mittels eines Rohres in die einen hydraulischen Abschluß bildenden leicht auswechselbaren Wasser-Sammelbehälter münden. Anschließend 3 Kammern aus Rotholz, ebenfalls mit Wasserverschluß. Verbindung mit der 18,3 m hohen Esse schließlich durch glasierte Steinzeugrohre. Der 1. bis 3. Trichter der Kondensation liefern über 95% der gesamten Quecksilberproduktion.

Eine sehr einfache Kondensationsanlage besitzt die Quecksilberhütte zu Schwaz; sie besteht aus 4 liegenden Gußeisenröhren von 500 mm Durchmesser i. L., 25 mm Wandstärke, die durch Krümmer miteinander verbunden sind und an deren erste die Muffeln direkt angeschlossen sind. Gesamtlänge: 11 m; alle Rohre liegen zur Hälfte in Wasser und werden außerdem von außen berieselt. Anschließend gehen die Gase durch ein langes Holzfaß und von da durch einen Betonkanal in die Esse. Austrag des Hg aus dem 1. und 2. Rohr automatisch durch Rohrstücke, die in den vorderen Deckel eingeschraubt sind und außen in Wasser münden.

Eintrittstemperatur der Gase 200°, Austrittstemperatur ca. 15°; Unterdruck ca. 0,3 mm WS.

Die ersten 2 Rohre liefern in der Hauptsache das Quecksilber (ca. zwei Drittel als Metall, ein Drittel als Stupp), während in den anderen Rohren und vor allem im Holzfaß sich mehr As_2O_3 niederschlägt. Reinigung der Anlage nach jeder Ofenreise (3 bis 4 Wochen). Die gepreßte Stupp wird beim Anheizen eingesetzt und bei dieser Gelegenheit ohne besondere Kosten verarbeitet.

Die Reinigung der Kondensationsanlage.

Sie soll mit Rücksicht auf die damit verbundenen Verzettelungsverluste nicht unnötig oft erfolgen; am häufigsten (wöchentlich oder monatlich) ist sie an den Stellen stärksten Niederschlages notwendig, an anderen Punkten seltener (bis zu einmal im Jahr); eine vollständige Unterbrechung des Betriebes soll dabei vermieden werden, doch darf auch ein Austreten von Dämpfen dabei nicht stattfinden; es wird daher ein Strang der Kondensationsanlage nach dem anderen ausgeschaltet und der Rest muß genügen, die bei gedrosseltem Ofenschieber und geschlossenem Ofen erzeugten Dämpfe restlos aufzunehmen. Die engen Kühlrohre werden nach dem Öffnen dann mit Wasser ausgespült, während man weitere Rohre, z. B. die der Čermak-Kondensation, mit Besen ausfegt.

Bei den diskontinuierlich arbeitenden Bustamente-Öfen erfolgt Entleerung der absteigenden Alludeln nach jeder zweitägigen Kampagne von Hand.

Das direkt als Metall gewonnene Quecksilber tritt im allgemeinen am tiefsten Punkt des Systems automatisch in mit Wasser gefüllte Gefäße oder sammelt sich zusammen mit der Stupp in den Stuppkästen an, aus denen es beim Entleeren geschöpft werden kann. Die mitabgeschiedene Flüssigkeit läuft zusammen mit dem Sperrwasser in Absitzbehälter aus Holz oder Beton über, welche Zwischenwände besitzen, um die darauf schwimmende Stupp vor dem

Wegschwimmen zu bewahren; für den Weitertransport des Quecksilbers in die Vorratsbehälter dienen Eisenrohre oder Rinnen aus Holz oder Beton. Zu beachten ist, daß das Kondenswasser häufig gelöstes HgSO_4 enthält, das durch CaO ausgefällt werden muß, will man sich vor Verlusten bewahren.

Die Produkte der Quecksilberverhüttung.

1. Quecksilber.

Dieses ist fast immer so rein, daß es nicht mehr besonders gereinigt werden muß. Um auf der Oberfläche schwimmenden Schmutz beim Abfüllen in die Transportflaschen zu vermeiden, wirft man einen eisernen Ring auf, reinigt die Oberfläche innerhalb desselben und schöpft nun aus diesem aus; ähnlichen Erfolg hat das Einsenken eines Tiegels mit einer Öffnung am Boden, die erst nach dem Eintauchen geöffnet wird. Am zweckmäßigsten und besten ist es, das Quecksilber aus eisernen Vorratsbehältern durch in der Nähe des Bodens angebrachte Öffnungen abzuzapfen.

Enthält das Quecksilber Metalle, die sich leichter oxydieren als Hg , z. B. Zn , so kann deren Entfernung durch Einblasen von Luft bei gewöhnlicher Temperatur erfolgen. Andere Reinigungsmethoden, vor allem wenn es sich um die Herstellung eines sehr reinen Quecksilbers handelt, bestehen im mehrmals wiederholten Hindurchgießen in feiner Verteilung durch eine hohe Säule von Salpetersäure; oder in einer Umdestillation. Doch wird eine solche Behandlung im allgemeinen nicht in der Hütte ausgeführt.

Der Versand des Quecksilbers erfolgt ganz allgemein in nahtlos gepreßten Stahlflaschen von 4,5 bis 6 kg Gewicht, die 34,5 kg (genau 34,507 kg = 1 alter span. Zentner) fassen und denen der Inhalt zugewogen wird. Ein Füllen nach Maß hat sich wegen der Änderung des spez. Gewichtes mit der Temperatur nicht bewährt.

2. Die Stupp (engl. soot).

In den Kondensationsanlagen scheidet sich neben flüssigem Quecksilber noch Flugstaub ab, dessen Menge und Zusammensetzung natürlich sehr verschieden sein kann. Wurde geröstet, so enthält er stets noch mechanisch mitgerissene Beschickungsbestandteile sowie aus dem Dampf entstandenes HgSO_4 und fast stets Ruß und Teer aus unvollständig verbranntem Heizmaterial und etwa vorhandenem Bitumengehalt des Erzes; dies ist vor allem dann der Fall, wenn die zugeführte Luftmenge ungenügend war, und man kann die Menge an C (sowie die an HgS) durch reichliche Luftmenge, allerdings auf Kosten eines erhöhten Brennstoffverbrauches, wesentlich herabdrücken. Allen Gewinnungsverfahren gemeinsam ist ferner ein Gehalt an solchen Produkten, die zugleich mit dem Hg verdampfen, also in erster Linie As und Sb bzw. As_2O_3 und Sb_2O_3 , ferner an HgS und im Dampf entstandenem HgSO_4 , ferner an Wasser, von dem auch bei guter Vortrocknung der Beschickung stets noch gewisse aus der Verbrennung von H_2 des Heizmaterials stammende Mengen vorhanden sind. Alle diese sich in der Kondensationsanlage abscheidenden Bestandteile verhindern die gleichzeitig abgeschiedenen Hg -Kügelchen, sich zu

vereinigen, indem sie dieselben mit einer dünnen Haut überziehen; deshalb besteht das Kondensationsprodukt stets zum mehr oder weniger großen Teil aus einem mit met. Quecksilber durchsetzten feuchten oder schlammigen Material, das man „die Stupp“ nennt. Wie aus nachstehenden Analysenbeispielen hervorgeht, ist die Stupp sehr verschieden zusammengesetzt, je nach Art des Betriebes, Erzsorte usw.; der Hg-Gehalt kann bis zu 85% steigen und nimmt mit der Entfernung vom Ofen ab.

Analysenbeispiele von Stupp.

	%	%	%	%
Met. Hg	36,7	25,4	45,7	44,1
HgSO ₄	3,5	0,1	—	0,1
HgS	0,7	24,2	18,0	3,7
SO ₃	7,3	10,6	3,5	4,4
Unsl.	23,5	18,1	18,9	25,9
H ₂ O	14,1	—	10,6	11,9
C	—	—	2,9	11,0

Da die in Gestalt von Stupp festgehaltene Quecksilbermenge im allgemeinen einen recht bedeutenden Anteil der Produktion bildet¹⁾, so ist es natürlich von der allergrößten Wichtigkeit, die Bildung dieses lästigen Zwischenproduktes nach Möglichkeit zu verhindern oder wenigstens einzuschränken (Trocknen oder Anfeuchten der Beschickung je nach dem Ofentyp, reichliche Luftzufuhr beim Rösten, soweit darunter die Niederschlagsfähigkeit der Dämpfe nicht leidet, und Vermeidung allzu feinkörniger Beschickung) und es laufend mit möglichst geringen Kosten zu verarbeiten.

Die Verarbeitung der Stupp ist verschieden, je nachdem ob es sich um Gewinnung des als Metall vorhandenen oder des chemisch gebundenen Hg handelt. Im ersten Falle genügt eine mechanische Behandlung durch Pressen oder Kneten, wodurch die einzelnen Hg-Kügelchen von ihrer Haut befreit und so zur Vereinigung gebracht werden. Handelt es sich nur um geringe Mengen, so ist es allerdings einfacher, die Stupp ohne weitere Bearbeitung wieder in den Ofen zurückzugeben. Die Trennung von dem wasserlöslichen As₂O₃, das sich besonders in den ersten Teilen der Kondensation ansammelt, geschieht durch Behandeln mit Wasser, soweit es nicht im Stuppwasser bereits gelöst ist.

Die mechanische Verarbeitung erfolgt in primitivster Weise (Almadén) durch Krählen mit siebartig gelochten Krücken, sonst in besonderen, von Hand oder — bei größeren Mengen — mechanisch angetriebenen Apparaten, von denen sich die Stuppresse von Exeli (s. Fig. 155) besonders bewährt hat. Sie besteht aus einem Gußeisenzylinder von z. B. 1,26 m Durchmesser, 0,44 m Höhe. Der Boden besitzt konzentrisch angeordnete Rinnen, auf deren Grunde sich 25 Öffnungen von 10 mm Durchmesser befinden, durch welche das Metall in ein untergestelltes

¹⁾ Meist übersteigt die aus der Stupp gewonnene Menge die in flüssigem Zustand direkt abgeschiedene; diese beträgt z. B. bei Verarbeitung der bituminösen Erze von Idria nur 9 bis 22% der Gesamterzeugung, während aus der Stupp durch Pressen 61 bis 73% und durch Verarbeitung der Rückstände vom Pressen bis zu 18% gewonnen werden.

Gefäß (*g*) abfließen kann. An einer stehenden Mittelwelle sind 4 Querarme (*a*) angebracht, welche 16 Messer (*z*) tragen, die an 8 ebensolchen, am Boden fixierten (*b*) nach Art eines Desintegrators vorbeigeführt werden. Umdrehungszahl: Anfangs 15, zuletzt 50/Min.; Leistung: die eingesetzte Menge von 20 bis 50 kg wird in $1\frac{2}{3}$ bis $1\frac{3}{5}$ Std. verarbeitet (einschließlich bis zu 30 % CaO-Zusatz); Bedienung: 1 Mann.

Es gelingt so, die Hauptmenge des in der Stupp enthaltenen Hg zu entfernen, doch ist, auch wenn nur wenig Hg chemisch gebunden ist, der Rückstand noch zu reich (ca. 20 bis 30 % Hg), um ihn abzusetzen; man ist daher stets gezwungen, ihn in den Ofen zurückzugeben. Ist die Stupp naß oder ölig, so ist es erforderlich, sie vor dem Pressen mit gebranntem Kalk zu mischen, der ja die Feuchtigkeit begierig aufnimmt und die Fette verseift; außerdem

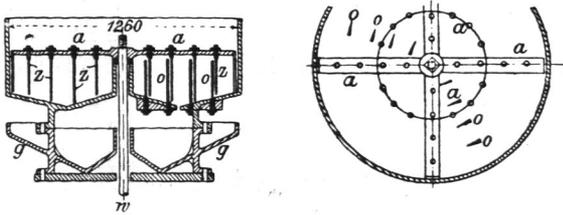


Fig. 155. Stuppressen. — Nach Exeli.

(Aus C. Schnabel, Handbuch der Metallhüttenkunde, 2. Aufl., Bd. II.)

w rotierende Welle, an der die Arme *a* befestigt sind, welche die Messer *z* (80 mm breit, 8 bis 10 mm stark) tragen; *o* im Boden befestigte Messer derselben Abmessungen; der Boden besitzt 25 Öffnungen (10 mm Durchm.), durch die das Quecksilber in den Sammelbehälter *g* fließt.

enthält das Kondenswasser stets noch Säuren, und vor allem HgSO_4 gelöst, so daß man durch den CaO-Zusatz gleichzeitig eine Neutralisierung und eine Ausfällung von Hg erzielt.

Enthält die Stupp eine größere Menge des Hg chemisch gebunden, so genügt das Pressen nicht, und es ist dann auch nicht angezeigt, das meist sehr reiche Material zu rösten; vielmehr zieht man dann die Verarbeitung mit Kalkzusatz in Retortenöfen vor, und zwar auch in solchen Betrieben, in denen das Erz abgeröstet wird. Die Arbeit ist ganz analog der oben S. 497 ff. beschriebenen Erzverarbeitung.

Die Quecksilberverluste.

Sie setzen sich zusammen aus dem in den Rückständen verbleibenden Metall, den Verdampfungsverlusten, den im Kondenswasser gelösten und evtl. mitgerissenen Mengen und aus dem vom Mauerwerk und, bei fehlerhafter Konstruktion der Öfen und Kondenseinrichtungen, von den Fundamenten aufgenommenen Quecksilber¹⁾; hinzu kommen die durch Verstäubung und Verzettelung entstehenden, häufig recht erheblichen Verluste.

¹⁾ So fand man beim Abreißen der alten Kondensation zu New Idria, daß Hg noch in Tiefen bis über 18 m in die Erde eingedrungen war.