festen Bestandteile setzen sich in dem Kanal *J* ab und können durch Ziehen des Schiebers *R* entfernt werden. In dem Tiegel geschmolzene Materialien werden bei dem Abstichloch *P* abgelassen. Während der Schmelzoperation ist das Abstichloch durch einen eingepassten Kohlenstöpsel geschlossen. Der Ofen ruht auf vier Füßen. Um das Erneuern der negativen Kohlen besser bewerkstelligen zu können, empfiehlt es sich, die Füße durch gemauerte Fundamente zu verlängern. Der Boden

des Ofens wird getragen von der Platte *b*. Auf dieser Platte *b* liegt eine etwa 9 mm dicke Asbestplatte *c* und auf diese folgt die starke Eisenplatte *a*. In diese Eisenplatte *a* sind die vier eisernen Bolzen *a*₁ eingelassen, die bis in den Graphitboden *C* hineinreichen. Es hat diese Anordnung den Zweck, den Strom ohne grössere Spannungsverluste von der negativen Elektrode abzuführen. Der Kurbelmechanismus ist an den Stellen *x.x.x* etc. isoliert.

Joh. Pfleger.

EINE ÜBERSICHT ÜBER DIE VON DER ELEKTRICITÄT BESETZTEN GEBIETS- TEILE DER METALLURGIE.

Von Dr. W. Borchers.

us einem im wissenschaftlichen Vereine zu Duisburg von mir gehaltenen Vortrage gebe ich in Nachstehendem denjenigen Teil wieder, von dem ich annehmen darf, dass er, trotz der für diese Zeitschrift fast zu populären Fassung, der umstehenden Tabelle wegen vielleicht auch den Metallurgen willkommen sein könnte.

Vorbereitung der Erze.

Um mit der Vorbereitung der Erze zu beginnen, so finden wir schon hier einen wichtigen Posten von der Elektrotechnik besetzt. Bekanntlich sind nicht alle für die Metallgewinnung bestimmten Mineralien so, wie sie uns der Bergmann liefert, direkt zur Verhüttung geeignet. Ganz abgesehen von der Zerkleinerung gröberer Massen, von Röstprozessen und dgl. sind es besonders gewisse Anreicherungsarbeiten, welche schon dem Bergmanne, der nur ein reichhaltiges Material zum Verkaufe bringen muss, oft recht grosse Schwierigkeiten bereiten. Man pflegt diese Arbeiten mit Aufbereitung zu bezeichnen. Sie bestehen, nach erfolgter Zerkleinerung der Erze, in einer Scheidung nach der Korngrösse (Klassierung), stellenweise verbunden mit darauf folgendem Auslesen haltiger oder nichthaltiger Stücke aus dem gröberen Materiale mit der Hand (Klaubarbeit) und Scheidung der auf annähernd gleiche Korngrösse gebrachten Massen nach ihrer Gleichfälligkeit im Wasser, also nach gleichem spezifischen Gewichte; diese letzte Arbeit mit ihren zahlreichen Abarten ist Ihnen jedenfalls unter dem Namen Erzwäsche bekannt. Der Zweck aller dieser Arbeiten

ist, kurz gesagt, das spezifisch Schwere und das ist das Metallhaltige von dem spezifisch Leichterem, der sogen. Gangart zu trennen, auch spezifisch verschieden schwere Metallverbindungen voneinander zu scheiden, um so an Schmelz-, Verschlackungs- oder Metallraffinationskosten zu sparen. So glatt wie sich das Prinzip der Aufbereitungsvorgänge kurz erörtern lässt, gelangen diese letzteren natürlich nicht zur Durchführung. Da giebt es zahllose Zwischenprodukte, die wieder und wieder in den Betrieb geschickt, trotz sinnreicher Vorrichtungen, trotz sorgfältigster Behandlung allen Künsten widerstanden. Man wusste, sie enthielten noch beträchtliche Metallmengen, aber man wusste auch, dass sie zunächst nicht zu verhütten, also auch nicht zu verkaufen waren; man warf sie also auf die Halde; allerdings nicht achtlos zwischen all den übrigen Abfall, zwischen die sogenannten Berge, sondern für sich, in Erwartung vollkommenerer Hilfsmittel. So finden wir ältere und neuere Halden von Aufbereitungsanstalten für blei- und zinkhaltige Eisenerze, für Sandstein und Schiefer führende Eisenerze mit hohem Metallgehalte; aber wir finden auch noch unverarbeitete Erze, z. B. Magneteisenerz führende Sande und Sandsteine, ihres Blei- und Zinkgehaltes wegen gefürchtete Spateisensteine und schliesslich auch gewisse Nickelerze, welche aus dem einen oder andern Grunde keine Verwendung finden konnten.

Heute ist der Weg für ihre Zugutemachung eröffnet, und dieser Weg führt über Elektromagnete. Ausser metallischem Eisen ist eins der Oxyde dieses Metalles, das Oxyduloxyd, Fe_3O_4 , dasselbe Oxyd,

welches sich natürlich als Magneteisenstein findet, magnetisierbar. Solche Abfallprodukte oder Erze, welche das Eisen nicht in dieser Form enthalten, müssen natürlich erst eine Röstung durchmachen, um entweder das Oxydul oder das Oxyd in das Oxyduloxyd überzuführen.

Um dann schliesslich auf das Prinzip der elektromagnetischen Scheidung zu kommen, so gilt für alle Fälle folgendes: Man führt das aus magnetisierbaren und nichtmagnetisierbaren Bestandteilen sich zusammensetzende Gemisch so durch ein magnetisches Feld, dass durch Anziehung des Magnetischen dieses seine Bewegungsrichtung ändert, während das Nichtmagnetische darin verbleibt. Beide Bestandteile des Scheidegutes werden also an verschiedenen Orten aus dem Apparate ausgetragen. Dass trotz des wenig variablen Prinzipes doch ein weiter Spielraum für Apparatkonstruktionen gegeben ist, beweist die grosse Zahl der Patente. In den Vereinigten Staaten sind bis heute allein 170 solcher Patente erteilt worden.

Welche Produkte für die elektromagnetische Scheidung in Betracht kommen, habe ich ja schon erwähnt. Was also die Vorbereitung der Erze betrifft, so sind es hauptsächlich Eisen-, Blei- und Zinkerze, denen die Elektrizität zugute kommt. Vereinzelt tauchen auch Vorschläge auf, die Nickel-erze in gleicher Weise anzureichern.

Metallgewinnung.

Wenn ich nun zu denjenigen Arbeiten übergehe, die dem eigentlichen Ziele der Metallurgie, der Abscheidung der Metalle selbst, näher stehen als die eben besprochenen Vorbereitungsarbeiten, so habe ich versucht, alle diese Methoden, seien sie chemische oder elektrochemische, in einer Tabelle unterzubringen, aus welcher das von der Elektrizität eroberte Gebiet leicht ersichtlich ist. In den Überschriften der Tabelle sehen Sie die verschiedenen Arten der Metallgewinnung; die erste Spalte enthält die Namen der wichtigeren Metalle. An den Kreuzungsstellen geben vertikale feine Linien diejenigen Arbeitsmethoden an, welche ohne Elektrizität, horizontale fette Linien solche, welche mit Elektrizität durchgeführt werden. Die leeren Felder zeigen an, dass für die betreffenden Metalle die über den Vertikalkolumnen angegebenen Methoden keine Anwendung finden. Um also der Tabelle zu folgen, beginne ich mit der

Legierung der zu gewinnenden Metalle mit Metallen. Hier kommen hauptsächlich die Edelmetalle in Betracht. Durch Behandlung Gold und Silber führender Erze mit Quecksilber (Amalgamation), durch Verschmelzen solcher Erze mit Bleierzen oder Eintränken derselben in geschmolzenes Blei (Verbleiung) und schliesslich durch Zusätze von Zink, besonders Aluminium haltigem Zink, zu silberarmen Bleilegierungen, sucht man die Edelmetalle an das eine oder andere Metall zu binden, um dann aus diesen durch Destillation, oxydierendes Schmelzen oder Elektrolyse das Silber oder Gold zu gewinnen.

Zur Verbesserung der Amalgamationsarbeit durch Zuhilfenahme von Elektrizität sind zahlreiche Vorschläge gemacht worden. Dauernd hat sich aber bisher keiner in den Betrieb einzuführen vermocht.

Die chemische Lösung der Metalle mit darauf folgender Zersetzung der Lösungen nach verschiedenen Methoden findet, wie die Tabelle zeigt, ausgedehntere Anwendung. Einzelne Mineralien und Erze der wichtigsten Metalle giebt es fast immer, welche sich für diese Art der Verarbeitung eignen, sei es zur Vorreinigung der später zu verschmelzenden Metallverbindungen, sei es zur Anreicherung der letzteren, sei es zur Vermeidung von Schmelzarbeiten metallener Rohstoffe oder schliesslich zur Vorbereitung von Lösungen für die Elektrolyse; ich erwähne nur als Beispiel letzter Art die Cyanidlaugerei bei der Verarbeitung von Golderzen. Dass aber dieselben Metalle, welche in dieser Spalte der Tafel vermerkt sind, auch noch auf andere Weise erhalten werden, wird ein Blick auf die folgenden Spalten zeigen. Gleich unter den

Chemischen Zersetzungen von Oxyden bei hohen Temperaturen finden wir die meisten dieser Metalle wieder vertreten. Wenn wir auch hier einige Plätze von der Elektrizität besetzt finden, so handelt es sich doch nur um elektrische Wärmeerzeugung. Immerhin ist gerade dieses Reduktionsverfahren mit elektrisch erzeugter Wärme von hoher Wichtigkeit. Es gelang mir auf diese Weise den Nachweis zu führen, dass sämtliche Oxyde, Kohlenoxyd natürlich ausgenommen, durch Kohlenstoff reduzierbar seien. Bei diesen Versuchen wurde, wie ich es schon mehrfach veröffentlicht habe, die Wärme durch Einschalten eines Teiles der Reduktionskohle als Widerstand in einen Leitungskreis von grosser

	Elektro- magnetische Aufbereitung	L e g i e r u n g der zu gewinnenden Metalle mit Metallen			Chemische Lösung mit darauf folgen- der Fällung nach verschie- denen Me- thoden	Chemische Zersetzung von Oxyden bei hohen Temperaturen, letztere erzeugt durch	
		Amal- gamation	Verbleiung	Verzinken		Verbren- nungswärme	elektrisch erzeugte Wärme
Aluminium							
Antimon							
Blei							
Chrom							
Eisen							
Gold							
Kalium							
Kobalt							
Kupfer							
Magnesium							
Mangan							
Natrium							
Nickel							
Platin							
Quecksilber							
Silber							
Wismut							
Wolfram							
Zink							
Zinn							
	1	2	3	4	5	6	7

Stromstärke (wie die Kohlefäden der Glühlampen) erzeugt. Die Vorzüge dieser Erhitzungsmethode bestehen in der Schnelligkeit der Erzeugung hoher Temperaturen und in der Möglichkeit der Verteilung der Wärme auf grössere Räume, als dies z. B. bei der Benutzung des Lichtbogens der Fall ist.

Ich will übrigens mit dem eben Gesagten durchaus nicht die Meinung erwecken, als halte ich die Erhitzung durch den Lichtbogen in allen Fällen für unzweckmässig. Im Gegenteil, da, wo schwerschmelzbare Reduktionsprodukte in zusammengeschmolzenen Massen erhalten werden sollen, ist er durchaus am Platze und kaum durch eine andere Erhitzungsmethode zu ersetzen. Wenn es sich aber in erster Linie darum handelt, mit Hilfe der gewiss nicht billigen elektrisch erzeugten Wärme möglichst grosse Mengen eines schwer reduzierbaren Oxydes durch Kohlenstoff zu reduzieren, dann bietet der Lichtbogen meist des Guten zu viel und die gewaltige Leistungsfähigkeit des Lichtbogens konzentriert sich ausserdem auf einen zu kleinen Raum.

Am besten wird uns hier die Herstellung des Calciumcarbides durch Reduktion von Kalk über die Verwendbarkeit der einen oder anderen Erhitzungsmethode Aufschluss geben. Soll das Calciumcarbid sofort nach seiner Fertigstellung direkt aus dem Ofen auf Acetylen verarbeitet werden, so braucht es nicht geschmolzen zu sein, es genügt ein gesintertes Produkt. Ich werde also eine gegebene Kraftquelle am besten ausnutzen, wenn ich nach dem Widerstandserhitzungsverfahren arbeite, also nach demselben Verfahren, das ich Ihnen vor einiger Zeit vorgeführt habe. Ist das Calciumcarbid aber für den Verkauf bestimmt, muss es also mit Rücksicht auf seine leichte Zersetzbarkeit in Form fester zusammengeschmolzener Klumpen hergestellt werden, dann werde ich möglicherweise vorteilhafter mit dem Lichtbogen als Wärmequelle arbeiten.

Für fabrikmässigen Betrieb ist das Verfahren der Reduktion von Metalloxyden durch elektrisch erhitzten Kohlenstoff zuerst von den Gebr. Cowles zur Fabrikation von Aluminiumbronze angewandt worden, sie hatten das Widerstandserhitzungsprinzip gewählt; denn die Reduktionsprodukte waren sehr leicht flüssig.

Dieselbe Erhitzungsart habe ich für die Herstellung von geschmolzenem Chrom, Mangan und Wolfram brauchen können, trotzdem Chrom und Wolfram einen sehr hohen Schmelzpunkt haben. Allerdings werden die Metalle nicht kohlenstofffrei erhalten.

Bei den in den folgenden vier Spalten angegebenen

Chemischen Zersetzungsmethoden von sulfidischen Erzen und von Salzen, nach denen, wie aus der Tafel ersichtlich, sehr wichtige Metalle gewonnen werden, hat die Elektrizität keine Verwendung gefunden. — Dann aber treten wir in das eigentliche Gebiet der Elektrochemie über.

Elektrolyse gelöster oder geschmolzener chemischer Verbindungen. Von einem Eingehen auf die Theorie der Elektrolyse darf ich hier wohl abstehen; ich will hier nur Ergebnisse praktischer Thätigkeit schildern. Und wenn ich mich recht kurz fassen darf, so brauche ich nur die Metalle zu nennen, die in den Spalten 12 bis 16 nicht vertreten sind. Gross ist ihre Zahl nicht, wir vermissen hier nur Eisen, Quecksilber und Wolfram, nicht etwa, weil sie elektrolytisch nicht gewonnen werden können, sondern lediglich weil ihre Gewinnung nach anderen Methoden von technischem Standpunkte vorläufig noch die einfachere ist. Unter den anderen Metallen aber sind alle die wichtigen Fortschritte zu bemerken, welche die Metallurgie der neuesten Zeit überhaupt aufzuweisen hat: die elektrolytische Metallraffination, stellenweise sogar unter gleichzeitiger Herstellung fertiger Metallgegenstände (Elmore, Klein), die Aluminiumgewinnung, die Silber-Goldscheidung, die Goldgewinnung durch Cyanidlaugerei und Elektrolyse, die elektrolytische Zinkgewinnung u. dergl. m.

In der Schlusspalte endlich, die

Elektrothermische Metallbearbeitung betreffend, finden wir auch das sonst unter den elektrischen Methoden nur spärlich verzeichnete Eisen wieder. Die elektrische Erhitzungstechnik strengt sich ganz gewaltig an, in der Eisenhüttentechnik wie bei der Vorbereitung der Rohstoffe, so bei der Fertigstellung der Fabrikate zu helfen und zu fördern, und man muss gestehen, mit einigem Erfolge.

Leider sind unsere statistischen Nachrichten nicht eingehend genug, die elektrolytisch hergestellten Metallmengen von den übrigen getrennt aufzuführen, so dass meine Tafel nur ein qualitatives und nicht das jedenfalls weit interessantere quantitative Bild über das von der Elektrizität besetzte Gebiet der Metallurgie bieten kann. Aber es muss uns auch dieser Überblick schon sagen: Ohne Elektrizität keine Metallurgie.