

oder auch chemische Eigenschaften gestützt sind. Diese Arbeitsweisen sind in folgender Weise zu klassifizieren:

1. Trennung nach der Bruchform,
2. Trennung nach der Verschiedenheit des Reibungswinkels,
3. Trennung nach der verschiedenen Härte — Prozeß von Witt,
4. Trennung nach der magnetischen Erregbarkeit,
5. Trennung nach der Verschiedenheit der Adhäsion an Ölen — Elmorescher Prozeß,
6. Trennung nach der unterschiedlichen Angreifbarkeit durch Säuren.

Anzuschließen wäre gegebenenfalls noch die Trennung nach dem spezifischen Gewichte im saugenden oder blasenden Luftstrome.

Zu einem Großbetriebsmaßstabe haben sich bislang nur die auf der verschiedenen magnetischen Erregbarkeit beruhenden Einrichtungen entwickeln können. Hinsichtlich dieser ist wohl darauf hinzuweisen, daß Typen, welche in der Lage wären, allen Zwecken der Trennung der monazithaltigen vorgereinigten Haufwerksmassen zu dienen, nicht erwartet werden können, es muß daher entweder das vorgelegte Material vorerst durch einen Versuchsapparat gehen, damit die für den

Tabelle VI.

Bei einer Konzentration der Lösung von		2%	3%	5%	10%	12.5%	15%	20%
Temperatur	22° C	0.0082	0.0082	0.0085	0.0089	—	—	0.012
	40° C	0.0082	0.0084	—	0.0092	0.0096	0.014	0.016
	70° C	0.0083	0.0087	0.0092	0.0096	0.0099	0.018	0.020

jeweiligen Mineralbestand günstigsten Arbeitsbedingungen festgelegt werden, oder aber man hat das Mineralgemenge nacheinander mehrere Male die Apparate passieren zu lassen, um die Begleiter einzeln zu entfernen. Handelt es sich um die Verarbeitung einer Lagerstätte einheitlichen Ursprungs mit gleichmäßig zusammengesetztem Mineralbestande, und ist die Tagesleistung in engen Grenzen gehalten, so mag ein derartiges Mehrfachseparieren hingehen; wo es sich aber um die gleichzeitige Zugutmachung heterogener Gemische in großen Tagesquantitäten handelt, überschreitet ein solches Wiederholen der Charge gar bald die Grenzen der Wirtschaftlichkeit. Hier wird man nicht unterlassen können, jedem der

vorkommenden Gemischtypen einen besonderen Separator zuzuweisen.

In jedem Falle aber wohnt dem praktischen Vorversuche eine wesentliche Bedeutung inne, um so mehr, als die in Anspruch genommene physikalische Eigenschaft, die magnetische Erregbarkeit, nur bei chemisch reinen Materialien eine Größe ist, mit der man rechnerisch operieren kann. Geringfügige Beimischungen oder chemisch gebundene Bestandmassen vermögen indessen schon die magnetischen Eigenschaften des zu bearbeitenden Materials zu beeinflussen, wie in größeren Versuchen des Verfassers bewiesen wurde.

(Fortsetzung folgt.)

Eine elektrodynamische Methode zur Erforschung des Erdinnern.¹⁾

Von Dr. Heinrich Löwy (Göttingen).

Bis vor kurzem noch waren die geologischen Methoden die einzigen, die uns einen einigermaßen zuverlässigen und detaillierten Aufschluß über die Konstitution des Erdinnern geben konnten. So überraschend in vielen Fällen die Sicherheit ist, mit der der Geologe z. B. über das Vorhanden- oder Nichtvorhandensein von Grundwasser an einer bestimmten Stelle des Erdinnern entscheidet, so bleibt doch zu bedenken, daß seine Schlüsse stets nur Analogieschlüsse sind, die — unter Annahme einer gewissen Kontinuität der Lagerungsverhältnisse — von Bekanntem auf Unbekanntes extrapolieren und notwendig versagen müssen, wo jene Kontinuität durchbrochen ist. Einer geologischen Aussage kommt niemals jener Grad von Gewißheit zu, welchen eine Tiefbohrung besitzt.

Inzwischen ist aber durch das Aufblühen der Seismologie eine direkte Methode geschaffen worden, die jenem Ideal an Sicherheit sehr viel näher kommt. In

seiner neuen Arbeit über Erdbebenwellen²⁾ (§ I, „Seismik als Mittel zur Erforschung des Erdinnern“) sagt E. Wiechert nach einer Besprechung der bisher vorhandenen Methoden: „Ganz anders steht es um die Erdbebenwellen. Durch ihre Beobachtung können wir wirklich lokalisieren, können wir die elastische Beschaffenheit des Erdinnern in den einzelnen Schichten und Ort für Ort in diesen bis herab zu den größten Tiefen erschließen. Der Umstand, daß die Erdbebenwellen durch den Erdkörper tatsächlich hindurchgehen, macht uns diesen gewissermaßen durchsichtig, erlaubt uns Außenstehenden sein Inneres zu durchforschen.“

Im folgenden teile ich eine neue, auf wesentlich anderen Grundlagen beruhende Methode mit, welche sich vielleicht geeignet erweisen dürfte, die Ergebnisse der Seismik in bestimmter Hinsicht zu ergänzen. Während nämlich die Seismik Aufschluß über die elastische Be-

¹⁾ Auszug aus der Physik. Zeitschrift 11, 1910, p. 697 bis 705.

²⁾ Wiechert und Geiger, „Bestimmungen des Weges der Erdbebenwellen im Erdinnern“, Physik. Zeitschrift 11, 294, 1910.

schaffenheit des Erdinnern gibt, ermöglicht die neue Methode, das Erdinnere mit Rücksicht auf seine elektrischen Eigenschaften zu erforschen. Diese Methode stützt sich im wesentlichen auf die Tatsache, daß elektrische Wellen — wie es auch die Theorie voraussehen läßt — trockenes Erdreich und Gestein ohne erhebliche Schwächung passieren. Über Versuche in größerem Maßstabe, die ich zu diesem Nachweise mit Herrn Dr. Gotthelf Leimbach unternommen habe, wird weiter unten berichtet.

Zunächst ist das folgende klar: Wenn überhaupt elektrische Wellen auf größere Tiefen in den Erdboden eindringen, so müssen sich mit ihrer Hilfe etwa eingelagerte Metallmassen nachweisen lassen. In der Praxis wird man sich insbesondere zweier Anordnungen bedienen, welche ich kurz als „Reflexionsmethode“ und „Absorptionsmethode“ unterscheiden will.

Bei der ersten Methode wird an einem bestimmten Punkte A der Erdoberfläche eine schräg gegen die Oberfläche gerichtete Sendeantenne AB aufgestellt; die Wellen, welche vom Sender ausgehen, werden an einem Medium (M), dessen elektrische Leitfähigkeit oder Dielektrizitätskonstante von den entsprechenden Konstanten der Umgebung wesentlich verschieden sind, reflektiert und gelangen an einen bestimmten Punkt der Erdoberfläche, der mit dem Empfangsapparate (A'B') aufzusuchen ist. Empfänger und Sender wirken als gerichtetes System,

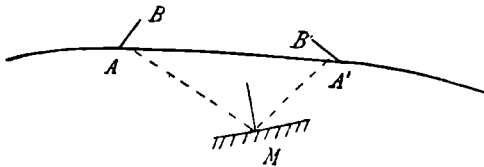


Fig. 1.

welches erlaubt, die direkt durch Luft oder Erdboden übermittelten Wellen von den reflektierten zu trennen. Variiert man — bei konstanter Lage des Senders — den Winkel des Empfängers, so durchläuft die Empfangswirkung zwei Maxima, von denen das eine wesentlich von den direkten Wellen, das andere wesentlich von den reflektierten herrührt.

Bei der Absorptionsmethode kommen Bohrlöcher von zirka 100 m Tiefe zur Anwendung, in welche die Antennendrähte versenkt werden.³⁾ Werden elektrische

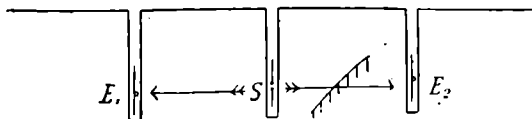


Fig. 2.

Wellen, die vom Sender (s) ausgehen (Fig. 2), von dem Empfänger E₁ angezeigt, aber nicht angezeigt von dem gleichweit entfernten Empfänger E₂, so bedeutet das, daß im Strahlenweg von s nach E₂ elektrisch leitfähige

³⁾ Eine Tiefe von 300 m, welche ich meinen ersten Rechnungen l. c., p. 698 zugrundegelegt habe, wird nur ausnahmsweise erforderlich sein.

Massen eingelagert sind, die teils durch Reflexion, teils durch Absorption den Durchgang der Wellen verhindern.

Die Absorptionsmethode ist — im Gegensatz zur Reflexionsmethode — als eine Methode zur systematischen Durchforschung großer Gebiete gedacht. Die beträchtliche Tiefe der Bohrlöcher ist erforderlich, erstens um Antennen von zirka 80 m Länge darin unterzubringen, zweitens aber, um die Äquatorialebene des Senders möglichst in trockenes Gebiet zu verlegen. Rechnen wir mit einer maximalen Reichweite von 400 km, was sicher nicht zu hoch gegriffen ist, so wäre das zu untersuchende Gebiet etwa in ein quadratisches Netz von 50 km Seitenlänge einzuteilen, an dessen Eckpunkten die Bohrlöcher anzubringen sind.⁴⁾ Bei dieser Anordnung würden pro 2500 km über 200 verschiedene Punkte variabler Tiefe durchforscht. Zur systematischen Erforschung der ganzen ungarischen Tiefebene würden 48 Bohrlöcher ausreichen, deren Kosten bei 300 m Tiefe nicht mehr als M 150.000 betragen würden, während ein einziges Bohrloch von 1000 m Tiefe M 30.000 kostet. Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode besteht aber darin, daß sie gestattet, mit Bohrlöchern von bestimmter Tiefe sehr viel tiefer gelegene Punkte des Erdinnern zu erforschen. Zuzufolge der Erdkrümmung passieren nämlich die elektrischen Wellen bei Distanzen von 300 km Punkte von 1000 m Tiefe.

Wie kommt es, daß so naheliegende Anwendungsmöglichkeiten sich bisher der Beachtung entzogen haben? Das mag zweierlei Gründe haben: Einmal ist man — schon von den Elementen der Elektrizitätslehre her — gewohnt, die Erde als Leiter anzusehen⁵⁾ und ist in dieser Hinsicht verführt, die Absorption elektrischer Wellen im Erdboden zu überschätzen. Andererseits aber dürfte die große geologische Mannigfaltigkeit des Erdinnern manchen abgeschreckt haben, bei so äußerst komplizierten Verhältnissen noch auf klare Resultate zu hoffen.

In einer eingehenden Diskussion⁶⁾ habe ich gezeigt, daß beide Bedenken einer genaueren Prüfung nicht standhalten. In größeren Tiefen (ab 100 m), die bei der Absorptionsmethode in Betracht kommen, ist im allgemeinen die Trockenheit des Gesteines so groß, daß eine Absorption der Wellen kaum merklich ist. Die Leitfähigkeit jener Schichten sinkt gelegentlich auf Werte hinab, die kleiner sind als die normale Leitfähigkeit der atmosphärischen Luft. Der Gedanke einer drahtlosen Telegraphie durch das Erdinnere auf große Distanzen mit Antennen, die in Bohrlöchern versenkt werden, gewinnt dadurch praktische Bedeutung. Indem man die Äquatorialebene⁷⁾ der Antenne in die untere Begrenzungsfläche des Grundwasserbassins verlegt, gewinnt man in Gebieten mit einem

⁴⁾ Ein Netz von 50 km Seitenlänge würde schon eine sehr detaillierte Erforschung ermöglichen; im allgemeinen wird man mit 100, ja sogar 200 km auskommen.

⁵⁾ Das Wort „erden“ verrät das in deutlicher Weise.

⁶⁾ l. c. p. 699 bis 701.

⁷⁾ D. i. die Ebene, in der sich der Hauptteil der elektrischen Wellen fortpflanzt.

einigermaßen zusammenhängenden Grundwassersystem den Vorteil, daß sich die Wellen längs einer gutleitenden Fläche fortpflanzen, ein Vorteil, den man bei der gewöhnlichen Telegraphie nur zwischen Küstenstationen genießt. Was die Reflexionsmethode betrifft, bei welcher die Wellen von der Erdoberfläche ausgehen, so dürfte diese nur in sehr trockenen Gegenden, am besten in Wüsten, brauchbar sein. Ich habe endlich gezeigt, daß durch die Aufeinanderfolge verschiedener Gesteinsschichten keine einer Metallreflexion vergleichbare Wirkung hervorgerufen wird. Solche, durch die geologische und petrographische Mannigfaltigkeit des Erdinnern hervorgerufene Täuschungen sind vollkommen ausgeschlossen.

Diese Betrachtungen wurden in vollem Umfange durch die Versuche bestätigt, die ich mit Herrn Dr. Gottlieb Leimbach in den Alkaliwerken zu Vienenburg, Ronnenberg und Weetzen, sowie allein in den Scharleyer Erzgruben (Ostschlesien) ausgeführt habe. Die Fortpflanzung der elektrischen Wellen durch Gestein ist durch diese Versuche in einwandfreier Weise festgestellt. Daß die Absorption — im Einklange mit der Theorie — äußerst gering ist, zeigt der Vergleich der Empfangswirkungen bei identischen Anordnungen über und unter der Erde. Die Versuche zwischen den

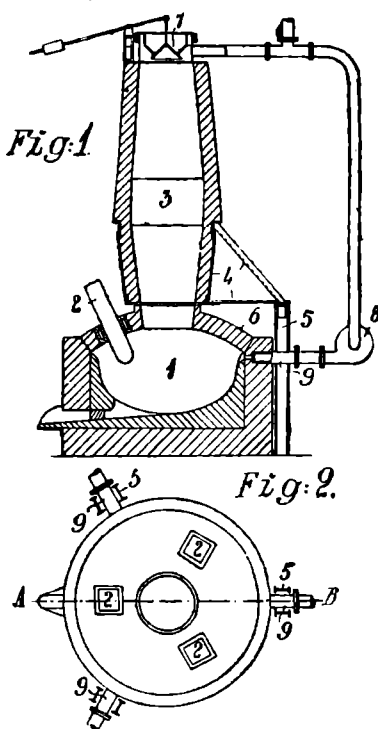
Alkaliwerken in Ronnenberg und Weetzen (Distanz 1·8 km; Sender und Empfänger zirka 500 m unter Tag), bei welchem sich die Wellen durch Salz-, Ton- und Anhydritschichten fortpflanzten, haben meine Abschätzungen voll- auf bestätigt: Inhomogenitäten petrographischer Natur haben keine störenden Reflexionen zur Folge. Meine Versuche in den Scharleyer Bleierzgruben haben endlich gezeigt, daß der geringe Erzgehalt von 12% das Gestein (Dolomit) völlig undurchlässig macht. Bei allen Versuchen wurden symmetrische Antennen verwendet, die in horizontallaufenden Strecken („Sohlen“) ausgespannt waren. Bei der ersten Reihe von Versuchen haben wir mit einfacher Marconischaltung, später mit Stoßerregung gearbeitet.⁹⁾

Durch diese Versuche erscheint die Anwendbarkeit meiner Methode für die nächstliegenden praktischen Zwecke sichergestellt. Weitergehende geophysikalische Anwendungen, durch welche ich ursprünglich auf diese Untersuchungen geführt wurde, habe ich am Schluß der zitierten Abhandlung näher ausgeführt.

⁹⁾ Die Vienenburger Versuche sind l. c. p. 702 bis 704 näher beschrieben; die anderen Versuche werden in einer demnächst erscheinenden „2. Mitteilung“ in der „Physik. Zeitschr.“ behandelt werden.

Erteilte österreichische Patente.

Nr. 42.252 — Aktiebolaget Elektrometall in Stockholm. — Elektrischer Hochofen. — Für die Gewinnung von Metallen, besonders Eisen, aus ihren Erzen, hat man die



Anwendung elektrischer Öfen vorgeschlagen, bei denen der eigentliche Schmelzraum eine solche Form besitzt, daß stets ein oder mehrere freie Räume zwischen dem durch einen Schacht oder irgend eine andere Beschickungsvorrichtung von oben in den Schmelzraum eingeführten Materiale und den Innenwänden des Schmelzraumes entstehen sollen, wobei die Elektroden durch diese freien Räume in den Schmelzraum hineingeführt sind. Der Zweck dieser freien Räume ist, teils das Mauerwerk gegen die Einwirkung der von dem elektrischen Strome in der Beschickung erzeugten hohen Temperatur zu schützen, teils die Einleitung für den Prozeß geeigneter Gase in den Schmelzraum zu ermöglichen. Es hat sich indessen gezeigt,

daß durch die Wirkung des Druckes des im Schachte vorhandenen Materials (der Beschickungssäule) auf das im Schmelzraume vorhandene Material dieses letztere in die er-

wähnten freien Räume hineingedrängt wird, so daß der beabsichtigte Zweck vereitelt wird. Die vorliegende Erfindung beabsichtigt, diesen Übelstand zu beseitigen, indem dem unteren Teil des mit dem Schmelzraume kommunizierenden Schachtes eine sich nach oben erweiternde Form gegeben wird. Es entsteht somit gegen unten zu eine Verengung, durch welche das Material passieren muß, ehe es in den unten angeordneten weiteren Schmelzraum gelangt. Hiedurch wird erzielt, daß ein Teil des Druckes der Beschickungssäule von diesem konischen Teile der Wände des Schachtes aufgenommen wird, so daß der auf das Material ausgeübte Druck im Schmelzraume kleiner wird, wodurch das Vorhandensein der erwähnten freien Räume gesichert wird. 1 ist der eigentliche Schmelzraum, welcher dem sogenannten Gestell eines gewöhnlichen Hochofens entspricht und wo die Elektroden 2 mit der Beschickung in Berührung gesetzt werden. 3 ist der eigentliche Hochofenschacht, welcher unter Vermittlung einer Eisenkonstruktion 4 auf Pfeilern 5 ruht, um nicht mit seiner Schwere das den Schmelzraum bedeckende Gewölbe 6 zu belasten. Der untere Teil des Schachtes hat, wie aus der Zeichnung ersichtlich, einen kleineren inneren Durchmesser als der Schmelzraum und auch als der weiter oben gelegene Teil des Schachtes. Der Ofen besitzt somit oberhalb des Schmelzraumes eine Verengung, von welcher aus sich der Schmelzraum nach unten und der Schacht nach oben erweitert. Das Gewölbe 6 besitzt eine derartige Form, daß zwischen ihm und der durch den Schacht herabsinkenden Beschickung stets ein oder mehrere freie Räume entstehen, und die Elektroden 2 werden so angebracht, daß sie in das Beschickungsmaterial gerade an solchen Stellen eintreten, wo dieses Material das Mauerwerk nicht berührt. Hiedurch wird erreicht, daß eine nennenswerte Wärmeentwicklung in unmittelbarer Nähe des Mauerwerks nicht stattfinden kann, um dieses so gut als möglich zu schützen. Durch die oben erwähnte Form des Ofenschachtes wird erreicht, daß der Druck des im Schachte eingeführten Materiales auf das im Schmelzraum befindliche Material reduziert wird, so daß dieses durch Wirkung des genannten Druckes nicht in die erwähnten freien Räume hineingedrängt wird. Bei der Reduktion von