

# Moderne geoelektrische Methoden.



Sonderabdruck aus der Zeitschrift des Oberschlesischen Berg- und  
Hüttenmännischen Vereins Z. z. in Katowice — November 1925, 11. Heft.

## Moderne geoelektrische Methoden.

Von Dr. Otto Meier, Wien.

*Nach einer Darstellung der Faktoren, welche für die Meßresultate der bisherigen Potentialmethoden bestimmend sind, werden die elektromagnetischen Schürfmethode beschrieben, und zwar die induktive, die galvanische und die Kapazitäts- und Radiomethode. Anschließend hieran wird die Frage der praktischen Durchführung der elektromagnetischen Untersuchungen behandelt.*

Die geophysikalischen Methoden, welche die Untersuchung nutzbarer Lagerstätten bezwecken, haben sich in den letzten Jahren zu einem hohen Grade der Brauchbarkeit entwickelt. Diese Methoden gründen sich bekanntlich darauf, daß in sehr vielen Fällen in den physikalischen Eigenschaften nutzbarer Minerale und der sie umgebenden Gesteine große Unterschiede bestehen. Je nachdem, ob die Unterschiede im Magnetismus, der elektrischen Leitfähigkeit, der Dichte oder der Elastizität des gesuchten Minerals Gegenstand der Untersuchung sein können, wird mit magnetischen, elektrischen, gravimetrischen oder seismischen Methoden gearbeitet. Von allen hier genannten Verfahren haben jene, welche die Unterschiede in der elektrischen Leitfähigkeit ausnützen, die größte Bedeutung für die Aufsuchung und Untersuchung von Erzlagerstätten. —

Aus Tabelle I ist zu ersehen, wie groß die Unterschiede der elektrischen Leitfähigkeit gewisser Mineralien sind. Es geht hieraus hervor, wie sich einzelne Minerale durch ganz besonders große Leitfähigkeit vor den anderen auszeichnen. In der Natur haben wir es jedoch im Allgemeinen nicht mit Körpern von einheitlicher Mineralzusammensetzung zu tun, sondern mit verschiedenartig zusammengesetzten Gesteinen und Erzen und auch mit erzimprägniertem Gestein. Es ist daher klar, daß wir in der Praxis mit anderen Zahlen rechnen müssen. —

Tabelle I.

| Minerale:                               | Widerstand: Ohm per cm <sup>3</sup> |
|---|-------------------------------------|
| Kalzit . . . . .                        | 5,0 · 10 <sup>14</sup>              |
| Quarz . . . . .                         | 3,8 · 10 <sup>11</sup>              |
| Glimmer . . . . .                       | 1,5 · 10 <sup>10</sup>              |
| Serpentin . . . . .                     | 2,0 · 10 <sup>4</sup>               |
| Nicht eisenhaltige Zinkblende . . . . . | 1 · 10 <sup>8</sup>                 |
| Siderit . . . . .                       | 7,1 · 10 <sup>3</sup>               |
| Markasit . . . . .                      | 10,0                                |
| Kupferkies . . . . .                    | 1,0                                 |
| Molybdenglanz . . . . .                 | 0,8                                 |
| Magnetit . . . . .                      | 0,6                                 |
| Eisenglanz . . . . .                    | 0,4—0,8                             |
| Graphit . . . . .                       | 0,03                                |
| Pyrit . . . . .                         | 0,02                                |
| Magnetkies . . . . .                    | 0,01                                |
| Bleiglanz . . . . .                     | 0,003                               |

Tabelle II zeigt, daß auch zwischen den einzelnen Gesteinsarten gewisse Unterschiede in der Leitfähigkeit bestehen; so haben gewöhnlich basische Eruptivgesteine eine höhere Leitfähigkeit als saure.

Tabelle II.

| Gesteine:                                     | Widerstand: Ohm per cm <sup>3</sup> |
|---|-------------------------------------|
| Granite . . . . .                             | ca. 10 <sup>14</sup>                |
| Aplite; Ofoten, Norwegen . . . . .            | > 50 · 10 <sup>6</sup>              |
| Grünsteine . . . . .                          | 10 <sup>8</sup>                     |
| Diabase; Kellogg, Idaho, U. S. A. . . . .     | 308.000                             |
| Granatamphibolite; Ofoten, Norwegen . . . . . | 3,2 · 10 <sup>8</sup>               |
| Leptite; Striberg, Schweden . . . . .         | > 50 · 10 <sup>6</sup>              |

| Gesteine:  | Widerstand: Ohm per cm <sup>3</sup> |
|--|-------------------------------------|
| Gebänderte Leptite; Utö . . . . .                | > 50 · 10 <sup>6</sup>              |
| Sandstein . . . . .                              | ca. 10 <sup>11</sup>                |
| Kalkstein . . . . .                              | ca. 10 <sup>11</sup>                |
| Kalkstein; Persberg, Schweden . . . . .          | 50 · 10 <sup>6</sup>                |
| Glimmerschiefer . . . . .                        | 10 <sup>11</sup>                    |
| Quarzite . . . . .                               | 10 <sup>11</sup>                    |
| Serizitquarzit; Kristineberg, Schweden . . . . . | 50 · 10 <sup>6</sup>                |

Tabelle III zeigt, daß nicht nur Gestein, welches mit Erz imprägniert ist, eine recht hohe Leitfähigkeit besitzt, sondern auch solches, welches Graphit enthält; und gerade auf diesen Umstand wird noch zurückzukommen sein. —

Tabelle III.

| Gesteine mit Imprägnationen leitender Minerale                 | Widerstand: Ohm per cm <sup>3</sup> |
|--|-------------------------------------|
| Norite mit Magnetkies; Sudbury, Canada . . . . .               | 5                                   |
| Kalkstein mit Kupferkies . . . . .                             | 16 · 10 <sup>6</sup>                |
| Kalkstein mit Magnetit; Dannemora, Schweden . . . . .          | 68.000                              |
| Graphitische Schiefer; Ofoten, Norwegen . . . . .              | 13,3                                |
| Graph. Schiefer mit Magnetkies; Ofoten, Norwegen . . . . .     | 0,5                                 |
| Graph. Schiefer; Storstensberget, Malonäset, Schwed. . . . .   | 350                                 |
| Schiefer mit Magnetkies . . . . .                              | 53,0                                |
| Schiefer mit Magnetkies . . . . .                              | 6,0                                 |
| Serizitquarzite m. Pyritbändern; Kristineberg, Schwed. . . . . | 68.000                              |
| Serizitschiefer mit Pyrit; Ofoten, Schweden . . . . .          | 3,5 · 10 <sup>6</sup>               |
| Quarzite mit Pyrit . . . . .                                   | 4,2 · 10 <sup>4</sup>               |

Betrachten wir schließlich Tabelle IV, so sehen wir, daß es hauptsächlich die Erze mit Metallglanz sind, deren hohe Leitfähigkeit sie für eine Untersuchung mit elektrischen Methoden geeignet macht.

Tabelle IV.

| Erze:  | Widerstand: Ohm per cm <sup>3</sup> |
|--|-------------------------------------|
| Spateisen . . . . .  | 10 <sup>8</sup>                     |
| Brauner Hämatit . . . . .  | 10 <sup>8</sup>                     |
| Eisenglanz . . . . .   | 100—10                              |
| Magnetit . . . . .   | 100—1                               |
| Titano-Magnetit; Fatmomakke, Schweden . . . . .                                    | 1900                                |
| Chromite; Fatmomakke, Schweden . . . . .   | 120.000                             |
| Zinkblende, nicht eisenhaltig; Missouri, U. S. A. . . . .                          | > 50 · 10 <sup>6</sup>              |
| Zinkblende, eisenhaltig . . . . .  | 18,0                                |
| Zinkblende-Bleierz; Gallena, Illinois, U. S. A., parallel d. Bänderung . . . . .   | 0,1                                 |
| Zinkblende-Bleierz; Gallena, Illinois, U. S. A., senkrecht zur Bänderung . . . . . | 36.000                              |
| Zinkblende-Bleierz; Vindelgransele, Schweden . . . . .                             | 1350                                |
| Bleierz; Gallena, Illinois, U. S. A. . . . .                                       | 0,8                                 |
| Bleierz; Joplin, Missouri, U. S. A. . . . .  | 0,1                                 |
| Silbererz; Tintic, Utah, U. S. A., Durchschnittstyp . . . . .                      | 2500                                |
| Konglomerate mit gediegenem Kupfer; Houghton, Michigan, U. S. A. . . . .           | 0,2                                 |
| Gediegen. Kupfer; Jerome, Arizona, U. S. A. . . . .                                | 0,1                                 |
| Kupferkies . . . . .   | 0,1                                 |
| Schwefelkies; Björkosen, Norwegen . . . . .  | 66,5                                |
| " . . . . .  | 8,5                                 |
| " Bjurliden, Malonäset, Schweden . . . . .   | 2000                                |
| " . . . . .  | 250                                 |
| " . . . . .  | 50                                  |
| " . . . . .  | 30                                  |
| " . . . . .  | 0,1                                 |
| Magnetkiese . . . . .  | 7                                   |

Es kommen in erster Linie für elektrische Schürfung in Betracht: Schwefelkiese, Kupfer-, Arsen-, Blei-, Silbererze, die dunkle eisenhaltige Zinkblende, Magnetit und Eisenglanz. —

Obwohl die elektrischen Methoden erst wenige Jahre in praktischer Anwendung stehen, gibt es heute doch schon eine ganze Anzahl Verfahren, welche von verschiedenen Erfindern herrühren. Diese Verfahren stehen auf sehr ungleicher Entwicklungsstufe, und ihre Brauchbarkeit ist auch demgemäß sehr verschieden. Der Grad der Vervollkommnung der in Frage stehenden Methoden hängt auf das Engste damit zusammen, wie sich die Methode entwickeln konnte, d. h., ob dem Erfinder der unbedingt notwendige Zeitraum gegönnt war, seine Idee allmählich ausreifen zu lassen, und ob er ohne Rücksicht auf von außen herdrängende Faktoren Gelegenheit hatte, sein Verfahren den praktischen Forderungen der Wirklichkeit anzupassen, indem er, daran unermüdlich verbessernd, Theorie und Praxis aufs engste ineinandergreifen lassend und sich dadurch gegenseitig kontrollierend, arbeitete. Nichts wirkt ungünstiger auf die ruhige Entwicklung einer Erfindung, als wenn andere Interessen störend einwirken und der Erfinder gezwungen ist, seine Erfahrungen auf Kosten der verschiedenen Auftraggeber zu gewinnen. Die im Anfange unvermeidlichen Mißerfolge werden selbstverständlich der Methode als solcher in die Schuhe geschoben und die Bergbauinteressenten werden mißtrauisch, lehnen die betreffende Methode in Bausch und Bogen ab, und es ist noch ein günstiger Fall, wenn die Methode mit der Wünschelrute in einen Topf geworfen und nicht für noch unverlässlicher erklärt wird als diese.

Diesen hemmenden Einflüssen waren die meisten elektrischen Methoden unterworfen, mit welchen bisher auf dem europäischen Kontinent gearbeitet wurde. So haben auch die österreichischen Bergwerksunternehmen schon vielfach Gelegenheit gehabt, elektrische Methoden kennen zu lernen. Nur in sehr vereinzelt Fällen konnten sie mit dem erreichten Resultat zufrieden sein; in den weitaus meisten Fällen jedoch blieben sie tief enttäuscht. Liegen doch die Verhältnisse bei den österreichischen Lagerstätten, und das ist gleichbedeutend mit alpinen Lagerstätten, äußerst kompliziert. Einmal sind Methoden hier angewendet worden, welche an und für sich noch sehr unvollkommen sind, weil ihnen bisher sowohl die theoretische Durcharbeitung, als auch die ruhige und organische Entwicklung in praktischer Hinsicht versagt blieb. Dann wurden aber, offenbar in dem Bestreben, neue Erfahrungen zu sammeln, Aufgaben übernommen, welche auch mit der vollkommensten elektrischen Methode niemals gelöst werden können, weil einfach die Vorbedingungen fehlten, um überhaupt elektrisch schürfen zu können. In allerletzter Zeit hat nun die modernste geoelektrische Methode, über welche wir derzeit verfügen, in Oesterreich Eingang gefunden.

Von einer modernen geoelektrischen Methode muß man fordern, daß die Abweichungen (Indikationen), welche man bei ihrer Anwendung erhält, stets wirklich unter der Oberfläche liegenden Leitern entsprechen, und daß die Lage dieser Leiter so genau angegeben wird, daß der Bergmann sie aufsuchen kann. Die bisher in Oesterreich und anderswo angewendeten Methoden erfüllen diese Forderung nicht. Indikationen, welche mittels dieser Methoden erzielt wurden, können nicht nur von Leitern verursacht sein,

sondern auch auf fehlerhafter Anordnung der Apparatur, auf der Oberflächenbeschaffenheit und schließlich auch auf irrtümlicher Auslegung der Meßergebnisse beruhen. Was nun die erwähnten modernen Methoden anlangt, so ist es bei deren heutigem Entwicklungsstande nicht immer möglich, zu entscheiden, ob die erhaltenen Indikationen dem kompakten Erzkörper entsprechen oder irgend welchen anderen leitenden Gesteinskörpern (graphitischem Schiefer, erzimprägniertem Gestein u. a.). Wohl aber sind diese modernen Methoden unabhängig von Fehlern, welche sich aus der Anordnung der Apparatur oder aus der Oberflächenbeschaffenheit ergeben können. Das heißt, die mit ihnen erzielten Indikationen entsprachen bisher noch in allen Fällen wirklich elektrischen Leitern. Auch eine irrtümliche Auslegung der Meßresultate ist bei ihnen ausgeschlossen, da die theoretische Seite der Methode genauest durchgearbeitet ist und gleichzeitig die Richtigkeit der theoretischen Ableitungen in der Praxis erprobt wurde. Die Deutung der Resultate beruht auch niemals auf irgendwelchen subjektiven Urteilen, sondern es sind nur meßbare Werte, auf welchen die Angaben aufgebaut sind. Ferner ermöglichen diese Methoden genaue Lagebestimmungen, sodaß auf Grund dieser im allgemeinen die bergmännische Aufschließung möglich ist. In günstigen Fällen schließlich ist mit diesen Methoden auch eine qualitative Beurteilung der erhaltenen Resultate möglich. Wie aus den folgenden Ausführungen hervorgehen wird, ist es schon in einigen Fällen gelungen, unter zahlreichen Indikationen zu unterscheiden, welche von ihnen kompakten Erzkörpern und welche bloß anderen guten, jedoch wirtschaftlich wertlosen elektrischen Leitern (graphitischen Schiefen, erzimprägnierten Gesteinen) entsprachen.

Die modernen geoelektrischen Methoden, von denen hier die Rede ist, kann man am besten als elektromagnetische Methoden bezeichnen. Von ihnen soll hier eine Beschreibung gegeben werden, nachdem vorher noch kurz jene Methoden gestreift wurden, welche bisher bei elektrischen Schürfungen, z. B. Schlumberger (Frankreich), „Erda“ (Deutschland), Lundberg (Schweden) angewendet wurden, nämlich die Aequipotentiallinien-Methoden, kurz Potential-Methoden genannt. Anschließend hieran soll an einigen praktischen Beispielen gezeigt werden, was diese Methoden bisher zu leisten im Stande waren.

Die Potential-Methoden wurden von den Bergingenieuren Hans Lundberg und Harry Nathorst in Schweden für die praktische Anwendung im Felde geeignet gemacht, und 1918 wurden mit ihrer Hilfe die ersten bisher unbekannt, verdeckt liegenden Erzkörper aufgefunden. Erst 1922 kamen die elektromagnetischen Methoden ebenfalls zum erstenmal in Schweden zur Anwendung. Ihr Erfinder ist der Bergingenieur Karl Sundberg, von dem die Unterlagen für die folgenden Darlegungen stammen. In den wenigen Jahren seit ihrer praktischen Anwendung wurde mit diesen Methoden eine große Anzahl bisher gänzlich unbekannter Erzlagerstätten entdeckt, und zwar zunächst im nördlichen Schweden. Sämtliche schwedischen, elektrischen Schürfmethode sind im Besitze einer Gesellschaft „The Electrical Prospecting Company“, die ihren Sitz in Stockholm hat. In letzter Zeit wurde auch außerhalb Skandinaviens, in Amerika und in den englischen Kolonien mit diesen Methoden erfolgreich gearbeitet. Wie schon erwähnt, sind die

Methoden seit kurzem auch in Oesterreich eingeführt, und von Wien aus sollen sie Eingang in die Donaustaaten, Polen und in die Balkanländer finden.

Die zwei Hauptgruppen elektrischer Verfahren sind die Potential- und die elektromagnetischen Methoden. Die Potential-Methoden sind vielfach beschrieben worden\*) Bekanntlich beruhen sie darauf, daß ein elektrisches Feld erzeugt und die Verteilung des Potentials in ihm untersucht wird. Dies geschieht durch Festlegung der Aequipotentiallinien und Messung der Potentialunterschiede.

Um über die Leistungsfähigkeit der Potentialmethoden im Klaren zu sein, muß man untersuchen, welche Faktoren für die Meßresultate bestimmend sind, und in welchem Grade. — Hierzu ist es zunächst nötig, von einer idealisierten Anordnung auszugehen.

Wir stellen uns ein Erz in Form einer leitenden Kugel inmitten eines Mediums von unendlicher Ausstreckung vor. Dieses Medium wird von einem Strom in der Richtung X durchflossen. (Fig. 1.) Nach Maxwell

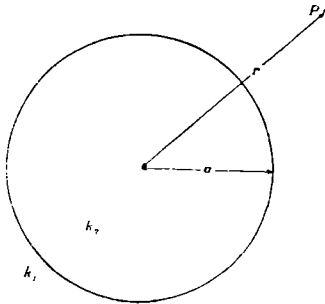


Fig. 1

gilt nun für das Potential  $V_s$  in einem beliebigen Punkt P.:

$$V_s = V_p - \frac{K_1 - K_2}{2K_1 + K_2} \cdot \frac{a^3 \cdot V_p}{r^3}$$

wobei bedeutet:  $V_p$  das normale Potential im Punkt B, d. h. das Potential, wenn die Kugel fehlen würde

$K_1$  den spezifischen Leitungswiderstand des umgebenden Mediums.

$K_2$  den spezifischen Leitungswiderstand der Kugel

Die anderen Buchstaben entsprechen den Bezeichnungen der Figur.

Die Potentialveränderung, welche durch die Erzkugel in Punkt B hervorgerufen wird, ist somit:

1. unabhängig von der Größenordnung, da V konstant ist, wenn  $\frac{a}{r}$  konstant ist. Es gibt somit ein in kleiner Skala ausgeführter Laboratoriumsversuch das gleiche Resultat, wie eine im großen ausgeführte Messung, wenn der Quotient der spezifischen Widerstände von Kugel und umgebendem Medium gleich bleibt.

\*) H. Lundberg, Practical Experience in Electrical Prospecting, Sveriges Geologiska Undersökning Arsbok 16 (1922) Nr. 9. Stockholm 1923, und C. Schlumberger, Process for determining the nature of the subsoil by the aid of electricity. Patent: U. S. A., Frankreich, Deutschland usw.

2. Die Potentialveränderung ist davon unabhängig, ob die Erzkugel im Verhältnis zur Umgebung ein nur mittelguter oder sehr guter Leiter ist. Ist zum Beispiel der Quotient der spezifischen Widerstände von Kugel und umgebendem Material in einem Fall 100, im anderen 1 000 000, so ist der Faktor  $\frac{K_1 - K_2}{2K_1 + K_2} = 0,493$  und 0,500, d. h. die Potentialveränderung ist im letzteren Falle bloß um 1,4 % größer geworden.

3. Die Potentialveränderung ist umgekehrt proportional dem Kubus des Abstandes vom Zentrum der Kugel.

Wie aus Laboratoriumsversuchen und Ueberprüfungen aus Messungen im Felde hervorgeht, gelten analoge Gleichungen auch für anders geformte Leiter, wie sie in der Wirklichkeit vorkommen. — Es ergibt sich hieraus für die Potentialmethoden:

1. Laboratoriumsversuche im verkleinerten Maßstabe geben das gleiche Resultat wie die Wirklichkeit, wenn in beiden Fällen Material von gleichem elektrischem Leitungsvermögen vorliegt.

2. Man erhält praktisch genommen die gleichen elektrischen Indikationen, ob nun das Leitungsvermögen des Erzes 10 mal oder millionenmal größer als das der Umgebung ist. Die Methode ist also sehr empfindlich, insofern sich schon ein geringer Unterschied im Leitungsvermögen bemerkbar macht. Andererseits ist es aber unmöglich, aus der Beschaffenheit der Indikationen auf die elektrischen Eigenschaften des Erzes zu schließen.

3. Die Stärke der Indikationen nimmt bei Zunahme der Tiefenanlage des Erzes sehr rasch ab.

Versuche mit Potentialmethoden stammen schon aus dem Jahre 1830. Ihre praktische Anwendbarkeit datiert jedoch erst seit dem Jahre 1918, als Lundberg und Nathorst statt punktförmiger Elektroden Linienelektroden einführt.

Bei Verwendung von Linienelektroden verlaufen die Aequipotentiallinien in einem elektrisch homogenem Feld gradlinig, und das Potential  $V_p$  an einem be-

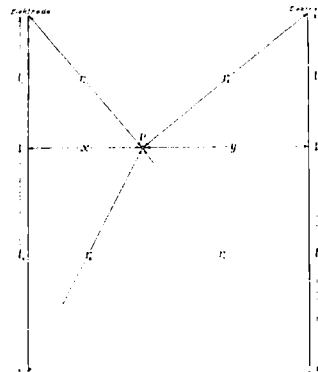


Fig. 2

stimmten Punkt kann nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$V = \log_e \frac{(r_1 + l_1)(r_2 + l_2)}{x^2} \cdot \frac{y^2}{(r_3 + l_3)(r_4 + l_4)}$$

Die Buchstaben entsprechen den Distanzen in Fig. 2.

Die durch gutleitende Körper veranlaßten Verbiegungen der Aequipotentiallinien werden viel deutlicher, wenn das elektrische Feld mittels linearer Elektroden erzeugt wurde.

Mit Hilfe der Potentialmethoden wurde seit 1918 eine Anzahl von bisher unbekanntem Erzlagern in und außerhalb Skandinaviens entdeckt. Im sogenannten Skellefte-Erzdistrikt im nördlichen Schweden, von welchem noch anläßlich der Besprechung der elektromagnetischen Methoden die Rede sein soll, wurden mit Lundbergs Methoden ausgedehnte Lagerstätten von Schwefel- und Kupferkiesen, Zinkblende und goldhaltigen Arsenkiesen neu aufgefunden.

Die übergroße Empfindlichkeit, die Unmöglichkeit, mittelgute Leiter von sehr guten zu unterscheiden, und schließlich die rasche Abnahme der Stärke der Indikationen bei zunehmender Tiefenlage des Erzkörpers bewirken es, daß die Potentialmethoden unter gewissen Verhältnissen für die Aufsuchung von Erzen weniger gut geeignet sind. Die oben erwähnten Nachteile der Potentialmethoden sind nun bei den elektromagnetischen Methoden vermieden. Ruhig und ungehemmt konnten sich diese Methoden bei der Erzsuche im nördlichen Schweden in Anpassung an die sich dort ergebenden Probleme entwickeln. Und erst als diese Methoden in jahrelanger Arbeit von ihrem Erfinder, Bergingenieur K. Sundberg, auf eine verläßlich hohe Stufe gebracht waren und ihre Feuerprobe durch Erschließung von zahlreichen bisher unbekanntem Erzlagern in Schweden bestanden hatten, wurde der Zeitpunkt für gekommen erachtet, mit ihnen auch ins Ausland zu gehen.

Die elektromagnetischen Methoden sind die modernsten geoelektrischen Methoden, die es heute gibt. Dies zeigt sich schon darin, daß ihre Anwendungsmöglichkeit unter den verschiedensten äußeren Umständen gegeben ist und sich im Verlaufe ihrer Entwicklung immer mehr erweitert; wird doch an ihrer Vervollkommnung unablässig gearbeitet.

Die elektromagnetischen Methoden sind dadurch gekennzeichnet, daß in einem Erzkörper ein elektrischer Strom, der sekundäre Strom, erzeugt und das hierdurch entstehende elektromagnetische Feld, das sekundäre Feld, erzeugt wird. Die Anordnung, mit welcher der sekundäre Strom erzeugt wird, ist der Primärkreis. Das vom Strom im Primärkreis erzeugte Feld ist das primäre Feld. Je nach der Art, auf welche der Erzkörper stromführend gemacht wird, unterscheidet man:

1. Die induktive Methode, bei welcher der Strom im Erzkörper induktiv erzeugt wird durch isoliertes Kabel, welches auf der Bodenoberfläche ausgelegt ist.
2. Die galvanische Methode, bei welcher der Strom galvanisch erzeugt wird durch gedrehte Drähte und gleichzeitig induktiv durch die Kabel, welche zu den Erdungspunkten führen.
3. Die Kapazitäts- oder Radio-Methode, bei welcher elektromagnetische Wellen mittels einer Antenne ausgesandt werden.

Die Untersuchung des sekundären elektromagnetischen Feldes geschieht entweder durch Ablesen der absoluten Feldstärke an jedem Beobachtungspunkt oder durch Feststellen der Änderung der elektromagnetischen Feldstärke von einem Beobachtungspunkt zum anderen. Die von Sundberg im Felde ange-

wandten Methoden basieren auf verschiedenen Kombinationen der obiger Einteilung zu Grunde liegenden Prinzipien.

Bei der Induktivmethode bildet ein am Boden schlingenartig ausgelegtes isoliertes Kabel, welches an eine Stromquelle angeschlossen ist, den primären Stromkreis. In einem innerhalb des primären Feldes gelegenen Erzkörper entsteht durch Induktion ein sekundärer Stromkreis. Das zugehörige sekundäre elektromagnetische Feld wird untersucht, um Lage und Grenzen des Erzkörpers zu bestimmen. Es ist daher notwendig, zunächst eine Auffassung davon zu bekommen, welche Faktoren für den Verlauf des sekundären elektromagnetischen Feldes bestimmend sind. Nehmen wir an, daß in Fig. 3 AB den primären, CD

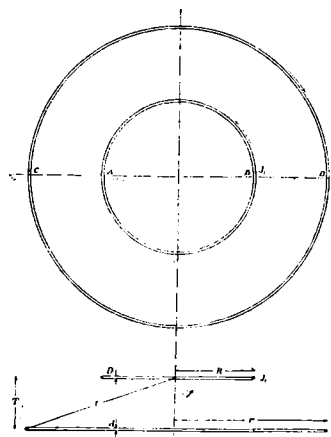


Fig. 3

den sekundären Stromkreis darstellen, so kann folgende Gleichung aufgestellt werden:

$$V_S^A = \frac{R \cdot r^2 \cdot 2 \pi v M}{\mu^3 \sqrt{\frac{4 K^2 r^2}{d^4} + 4 \pi^2 v^2 L^2}} \cdot V_P^A$$

Es bedeutet:  $V_S^A$  die Stärke des sekundären elektromagnetischen Feldes beim Punkt A.

$V_P^A$  die Stärke des primären Feldes beim Punkt A,  $R, r, l, d$  die Distanzen, wie sie aus Figur 3 zu ersehen sind.

$K$  den spezifischen Widerstand des sekundären (Erz-) Strom-Kreises.

$v$  die Periodenzahl.

$M$  die wechselseitige Induktion zwischen primärem und sekundärem Stromkreis.

$L$  die Selbstinduktion des sekundären Stromkreises.

Es geht hieraus hervor, daß die Stärke des sekundären elektromagnetischen Feldes abhängt von den Dimensionen und der gegenseitigen Lage, von primärem Stromkreis und Erzkörper, von der Periodenzahl  $v$ , vom spezifischen Widerstand  $K$  des Erzkörpers und seiner magnetischen Durchlässigkeit  $\mu$  ( $L$  u.  $M$  sind Funktionen von  $\mu$ ).

Aus einer näheren Prüfung der Gleichung ergibt sich:

1. Die Stärke des Sekundärfeldes ist nicht unabhängig von der Größenordnung, d. h. um bei verschiedenen Größenordnungen gleiche Indikationen zu bekommen, müssen die elektrischen und magnetischen Eigenschaften der Leiter verschieden sein.

2. Die Stärke des Sekundärfeldes hängt in hohem Grade von den elektrischen und magnetischen Eigenschaften (L, K) des „Erzstromkreises“ ab. Man erhält also je nach den Eigenschaften des Körpers, in welchem der sekundäre Strom entsteht, verschieden starke Indikationen.

3. Die Stärke der Indikationen nimmt mit größerer Tiefenlage des Erzes verhältnismäßig langsam ab.

4. Durch Messung des Sekundärfeldes bei verschiedenen Periodenzahlen können der spezifische Leitungswiderstand und die magnetische Durchlässigkeit des Leiters bestimmt werden.

Auf Grund von Laboratoriums- und Feldversuchen ergab sich, daß analoge Gleichungen auch für anders geformte Leiter Geltung haben, und daß somit auch obige Folgerungen allgemein gültig sind. Was die Möglichkeit anlangt, die elektrischen und magnetischen Eigenschaften des Leiters zu bestimmen, also qualitative Untersuchungen vorzunehmen, so stehen die Methoden nach dieser Seite hin noch im Anfange ihrer Entwicklung. Indessen wurden durch solche Untersuchungen im Felde schon praktisch sehr wertvolle Ergebnisse erzielt.

Lage und Grenzen des Erzkörpers werden aus dem Verlaufe des sekundären elektromagnetischen Feldes bestimmt. Das sekundäre Feld hat an jedem Beobachtungspunkt eine vertikale und eine horizontale Komponente der Feldstärke. Fig 4 zeigt den Verlauf

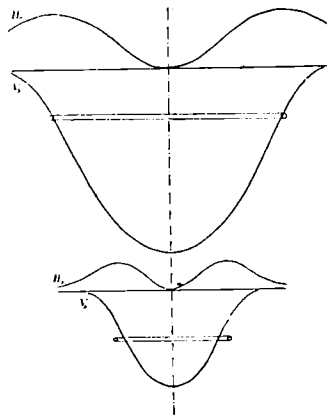


Fig. 4

dieser beiden Komponenten (Vs, Hs) über einem „Erzstromkreis“ und über einem „Erzstromkreis“ mit doppeltem Durchmesser. Es geht hieraus hervor, daß Lage und Durchmesser des Stromkreises durch das sekundäre Feld angezeigt werden. Man kann auf diese Weise Lage und Form eines jeden beliebig begrenzten Erzkörpers durch Bestimmung des sekun-

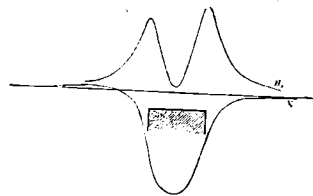


Fig. 5

dären Feldes festlegen. In günstigen Fällen gibt ferner die Stärke eines Sekundärfeldes einen Begriff von den elektrischen und magnetischen Eigenschaften des Leiters.

Fig. 5 zeigt den Verlauf der beiden Komponenten des Sekundärfeldes auf Grund von Laboratoriumsversuchen in kleinem Maßstabe, Fig. 6 den Verlauf der

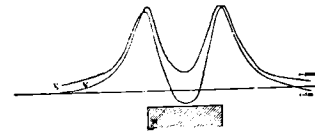


Fig. 6

Vertikalkomponente bei zwei verschiedenen Periodenzahlen, Fig. 7 Vertikal- und Horizontalkomponenten

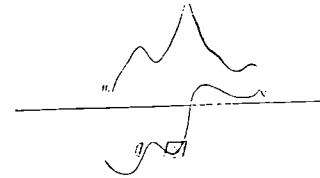


Fig. 7

oberhalb zweier paralleler Erzkörper, welche mit der induktiven Methode entdeckt wurden.

Bei der galvanischen Methode werden z. B. zwei lineare, geerdete Elektroden E1 und E2 (Fig. 8

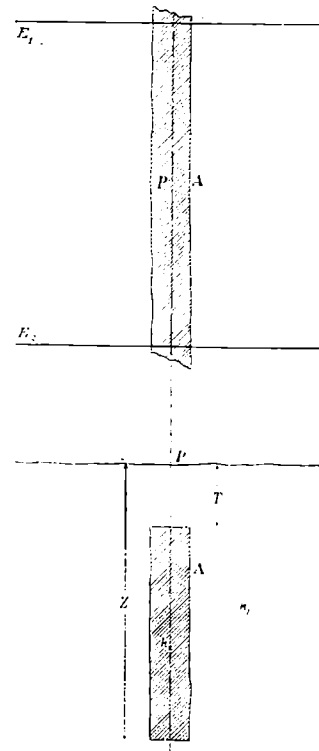


Fig. 8

angewendet. Ist A ein saiger stehender linealförmiger Erzkörper, gelegen in der Tiefe T unter der Oberfläche, so gilt annähernd folgende Gleichung:

$$H_S^P = \frac{2 b (k_1 - k_2)}{\pi^2 l \cdot k_2} \cdot \log_e \frac{Z \sqrt{l^2 + T^2}}{T \sqrt{l^2 + Z^2}} \cdot H_P$$

Es bedeutet:  $H_S^P$  die horizontale Komponente des sekundären Feldes bei Punkt B.  
 $H_P$  die Stärke des elektromagnetischen Feldes bei P, wenn kein Erzkörper vorhanden wäre.

$l, b, Z, T$ , die Distanzen, die aus Figur 8 zu ersehen sind.

$k_1$  den spezifischen Widerstand des Nebengesteines.

$k_2$  den spezifischen Widerstand des Erzes.

Die Stärke des sekundären elektromagnetischen Feldes ist hier, abgesehen von den geometrischen Dimensionen, durch den Quotient der spezifischen Widerstände von Erz und Nebengestein bestimmt. Aus der Gleichung ergeben sich für die galvanische Methode nachstehende Folgerungen, welche nach Laboratoriumsversuchen und Messungen im Felde auch für die Praxis Geltung haben:

1. Die Stärke des sekundären Feldes ist unabhängig von der Größenordnung. Bei Material von gleichem Leistungsvermögen ergeben Laboratoriumsversuche in kleinem Maßstabe und Messungen im Felde das gleiche Resultat.

2. Die Methode ist sehr empfindlich, da auch relativ weniger gute Leiter Indikationen verursachen. Man kann aus der Stärke der Indikationen nicht auf die elektrischen Eigenschaften des Leiters schließen.

3. Die Stärke der Indikationen nimmt mit Zunahme der Tiefenlage des Erzes nur langsam ab.

Wird der Wert der Horizontalkomponente der Stärke des sekundären Feldes längs einer Linie  $x$  y (Fig. 9) ausgerechnet, wenn für  $l = 500$ ,  $b = T = 10$ ,

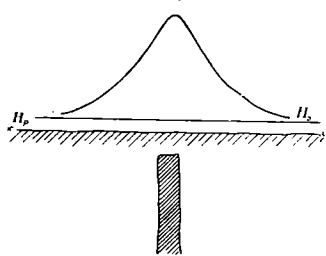


Fig. 9

100,  $K = 1000$  gesetzt wird, so erhält man eine Kurve, welche, wie ersichtlich, oberhalb des Erzkörpers ein ausgesprochenes Maximum erreicht. Fig. 10 zeigt den Verlauf von  $H$  oberhalb zweier paralleler Erzlinsen. Die Grund von im Felde durchgeführten Untersuchungen.

Es bleibt nun noch übrig, kurz auf die Kapazitäts- oder Radio-Methoden einzugehen. Sundberg hat ein Verfahren ausgearbeitet, bei welchem

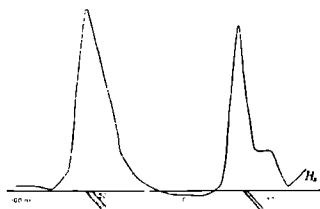


Fig. 10

eine feststehende Senderstation die Wellen aussendet, und die Stromstärke  $I$  mit Hilfe einer mobilen Empfangsantenne an verschiedenen Punkten gemessen wird.  $I$  hängt außer von der Distanz der Senderstation noch ab von der Leitfähigkeit und der Dielektrizitätskonstante des innerhalb des elektrischen Feldes liegenden Materials. Nun ist aber die Leitfähigkeit der obersten Bodenschichten schon bei ge-

ringer Durchfeuchtung genügend groß, um kurze elektromagnetische Wellen rasch absorbieren zu lassen, sodaß in geringerer Tiefe nur mehr ein Bruchteil der Energie vorhanden ist. Tiefer gelegene Erze können daher mit elektromagnetischen Wellen nur in sehr trockenen Gegenden aufgefunden werden. Bei nicht tief liegenden Erzen erhielt Sundberg in Zentralschweden bei einer Gesamtsumme von 22 untersuchten Erzlagerstätten in 17 Fällen deutliche, in 3 Fällen undeutliche und nur zweimal gar keine Indikationen.

Wie aus den Figuren 11 und 12 zu ersehen ist, macht sich ein Erzkörper dadurch kenntlich, daß die

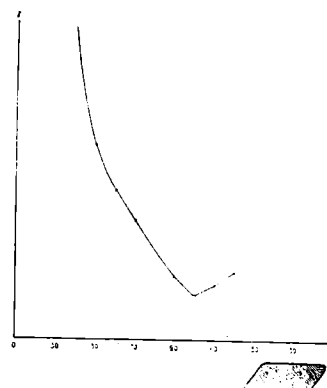


Fig. 11

Stromstärke in der Empfangsantenne vor dem Erzkörper zu- und hinter ihm abnimmt. Fig. 13 zeigt, daß Wasser bei diesen Untersuchungen keine Indikationen hervorruft, wahrscheinlich weil sich in diesem Falle die elektrischen Eigenschaften des Wassers von denen des Bodenmaterials nicht unterscheiden.

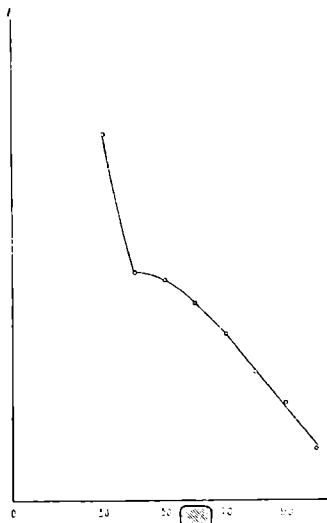


Fig. 12

Gegenwärtig kommt den „Radiomethoden“ im Vergleich zu den anderen elektromagnetischen Methoden keine Bedeutung zu, doch dürfte sich ihre Anwendbarkeit in der Zukunft verbessern.

Nun noch einiges über die praktische Durchführung der elektromagnetischen Untersuchungen und die Vorarbeiten, welche nötig sind, um ein erfolgreiches Arbeiten zu gewährleisten. Steht man vor der

Aufgabe, auf elektrischem Wege nach Erzen zu suchen, so ist es zunächst unerlässlich, sich davon zu überzeugen, ob die Vorbedingungen für eine elektrische Untersuchung derart sind, daß man auf ein positives Resultat rechnen kann. Entscheidend hierfür sind das spezi-

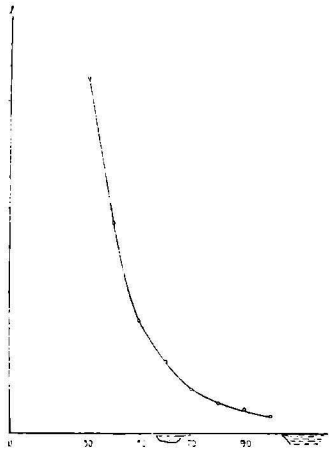


Fig. 13

fische Leistungsvermögen des Erzes und des Nebengesteines, die magnetische Durchlässigkeit sowie, bei induktiver Stromzufuhr, die Selbstinduktion des Sekundärstromkreises, also die elektrischen und magnetischen Eigenschaften von Erz- und Nebengestein.

Ferner sind die geologischen Verhältnisse entscheidend, wie Tektonik, Schichtfolge, Tiefe der erzführenden Horizonte, die wahrscheinlichen Dimensionen der Erzkörper u. a. Hat man die Anwendbarkeit elektrischer Methoden für möglich erklärt, so ist noch zu entscheiden, welche Methode für den betreffenden Fall am geeignetsten ist. In zweifelhaften Fällen werden Laboratoriumsversuche vorgenommen, bei welchen man die Verhältnisse, wie sie im Felde zu erwarten sind, im verkleinerten Maßstabe annähernd nachzuahmen sucht.

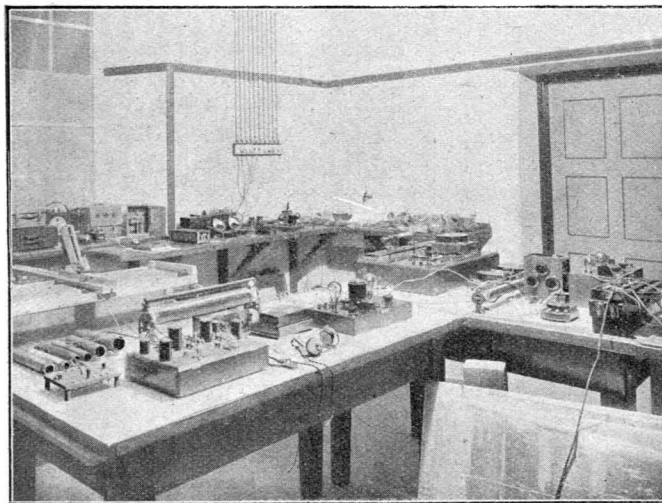


Fig. 14

Solche Arbeiten wie auch die Prüfung der elektrischen und magnetischen Eigenschaften von Erz- und Gesteinsproben werden im Laboratorium der „Electrical Prospecting Company“ in Stockholm (Fig. 14), durch-

geführt. Die Bestimmung des spezifischen elektrischen Leitungswiderstandes eines Erzes oder Gesteines erfolgt mit Hilfe der Wheatston'schen Brücke, indem ein Probestück zwischen zwei Kontaktflächen eingeklemmt und sein Widerstand bei Gleich- und Wechselstrom gemessen wird. Diese Messung geschieht bei geschichteten oder geschieferten Stufen sowohl in der Richtung der Schichtung oder Schieferung, als auch quer dazu, da ja die Leitfähigkeit in der Schieferungsrichtung stets größer ist. Um zu beurteilen, ob für die Untersuchung bestimmter Erztypen induktive Stromzufuhr anwendbar ist, werden die elektrischen und magnetischen Eigenschaften des betreffenden Erzes untersucht, indem auf einer halbwegs ebenen Außenfläche



Fig. 15

der Stufe eine kleine Probespule angelegt und Wechselstrom von gewisser Periodenzahl durch die Spule gesandt wird. Hierbei bewirken die in der Stufe entstehenden Wirbelströme eine scheinbare Veränderung, sowohl im Ohm'schen Widerstand der Spule, als auch in ihrer Selbstinduktion. Aus dem Maße dieser Veränderung erhält man die elektrischen und magnetischen Eigenschaften des Erzes, welche das Sekundärfeld bestimmen.

Erst wenn die Prüfung der geologischen Bedingungen und die Laboratoriumsversuche ergeben haben, daß elektromagnetische Untersuchungen Aussicht auf Erfolg haben, wird mit den Arbeiten im Felde begonnen. Gewöhnlich beginnt man mit Rekognoszierungsmessungen, welche, über ein größeres Gebiet vorgenommen, den Zweck haben, das Vorhandensein und die ungefähre Lage von leitenden Körpern innerhalb des Meßbereichs festzustellen. Hierzu werden Linien in Abständen von 50 bis 75 Metern im Terrain abgesteckt und zwar rechtwinkelig zum durchschnittlichen Streichen. Längs dieser Linien werden die Beobachtungen angestellt, wobei nur die Vertikal-komponente der Feldstärke bestimmt wird. Im ebenen Terrain kann ein Quadratkilometer von einer Meßgruppe (1 Ingenieur, 1 Assistent und 5 Handlanger) in fünf Tagen bewältigt werden. Erhält man bei dieser Rekognoszierung elektrische Indikationen, so werden diese einer Detailuntersuchung unterworfen, welche längs dichter aneinander liegender Linien und mit viel zahlreicheren Beobachtungspunkten vorgenommen



wird. Bei der Detailmessung werden Vertikal- und Horizontalkomponente der Feldstärke abgelesen. Bei steilem Einfallen der Schichten ist in der Regel eine Messung nötig, um die Lage des Hangenden des Erzkörpers, und eine zweite Messung, um die Lage des Liegenden zu bestimmen. Die mittels dieser Detailmessung erhaltenen Grenzpunkte werden auf eine Karte möglichst großen Maßstabes eingetragen. Ihre Verbindungslinie bezeichnet die Begrenzung des Leiters. Diese Grenzbestimmung gelingt in der Regel mit großer Genauigkeit, auch bei größerer Tiefenlage des Erzes. So wurden in letzter Zeit gute Resultate bei Überlagerungen von 150 bis 300 m erzielt. Gerade dadurch, daß es mittels der elektromagnetischen Methoden möglich ist, Lage und Grenzen des Leiters so exakt anzugeben, daß sie der Bergmann ohne weiteres aufsuchen kann, unterscheiden sich diese Methoden von den anderen bisher im Gebrauch gewesenen. Fig. 15 u. 16 zeigen Meßgruppen in Tätigkeit.



Fig. 16

Bei Deutung der Ergebnisse ist es wieder sehr wichtig, die geologischen Verhältnisse zu beobachten. Sind diese bekannt, so läßt sich im allgemeinen aus Form, Ausdehnung und Lage der Indikationen angeben, ob sie sich auf Erze, Imprägnationen, graphitische Schiefer oder basische Eruptivgänge zurückführen lassen. Es müssen daher stets die etwa vorhandenen geologischen Karten herangezogen werden, und außerdem muß das zu untersuchende Gebiet von einem Geologen detailliert aufgenommen werden.

Wie schon erwähnt, ist es mittels der induktiven Methode in vielen Fällen möglich durch qualitative Bestimmung zu unterscheiden ob eine Indikation verursacht ist: a) durch einen starken Leiter (Erz) mit geringen Beimengungen von nichtleitendem Gestein, b) durch einen geschichteten Leiter (z. B. graphitische Schiefer), c) durch einen magnetischen Leiter oder d) durch eine Imprägnation.

Graphitische Schiefer mit Magnetkiesimprägnation geben sehr starke Indikationen, welche aber oft schon durch ihre Form von Erzindikationen unterschieden werden können. In zweifelhaften Fällen empfiehlt es sich, als Hilfsmethoden zu den elektromagnetischen Methoden magnetische oder Drehwagenmessungen heranzuziehen, um jene Indikationen auszuwählen, welche durch das gesuchte Erz hervorgerufen wurden.

Im Nachstehenden soll nun kurz gezeigt werden, welche Resultate mittels der elektromagnetischen Methoden in den wenigen Jahren ihres Bestehens im Skelleftefeld in Schweden erzielt wurden. Das sogenannte Skelleftefeld in der Provinz Västerbotten im nördlichen Schweden (Fig. 17) erstreckt

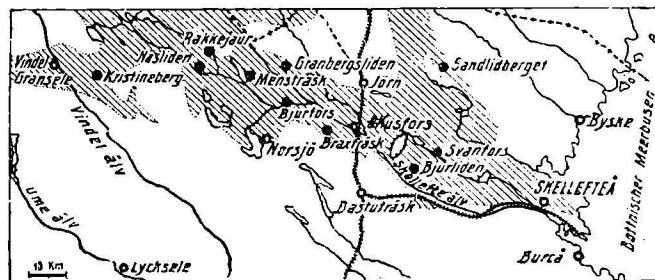


Fig. 17

sich als erzführende Formation von der Küstenstadt Skellefteå über 100 km lang und durchschnittlich 20 km breit in west-nordwestlicher Richtung ins Innere des Landes. Der Präkambrische Gesteinsgrund besteht aus Sedimentgesteinen (Schiefern, Grauwacken, Konglomeraten), Ergußgesteinen (Porphyren, Porphyriten, Grünsteinlaven, Tuffbreccien) und deren Derivaten (Lepititen, Helleflinta), welche vielfach zu Quarzserizit-schiefern und Chloritschiefern umgewandelt sind. Dieser Gesteinskomplex verschiedenartiger Erguß- und Sedimentgesteine wird von jüngeren Graniten durchbrochen. Der Gesteinsgrund des Skelleftefeldes liegt auf weite Strecken hin unter eiszeitlichen Ablagerungen, wie Moränen und fluvioglazialen Bildungen begraben und tritt nur gegen die Küste zu häufiger zu Tage. Ausgedehnte Sümpfe, zahlreiche große und kleine Seen, weite Waldgebiete, niedrige Höhenzüge beherrschen das Landschaftsbild. Der Geologe kann oft tagelang suchen, um endlich auf anstehenden Fels zu stoßen. Fig. 18 zeigt ein charakteristisches Landschaftsbild aus dieser Gegend. Von Erzen war, mit



Fig. 18

Ausnahme einiger bedeutungsloser Arsenik-Kiesgänge, im Skelleftefeld bis zum Jahre 1918 nichts bekannt. Doch in der Moräne da und dort zerstreut liegende Erzblöcke deuteten darauf hin, daß unter der quartären

Bedeckung Erzkörper vorhanden seien, von welchen seinerzeit das Inlandeis die Blöcke losgebrochen und mit dem anderen Moränenmaterial verfrachtet haben mußte. Da das Erz der Blöcke sehr hochprozentig war, hatte man alle Anstrengungen gemacht, um die zugehörigen Erzlinsen durch Grabungen zu finden, doch es war ein Suchen ins Blaue hinein, das ohne Erfolg blieb, wußte man doch über die Transportweiten fast nichts, und war selbst die Eisrichtung oft schwer feststellbar. Die magnetische Schürfung war für die Aufsuchung der nicht magnetischen Sulfiderze unbrauchbar. Hier war der richtige Boden, wo sich die elektrischen Methoden zwangsläufig entwickeln mußten; denn es gab sonst keine Möglichkeit die wertvollen zu den Blöcken gehörenden Muttererze aufzufinden. Tatsächlich gelang im Jahre 1918 mittels der Potentialmethode die erste Entdeckung unbekannter Erzkörper (Schwefel- und Kupferkiese) bei Kristineberg. In dem

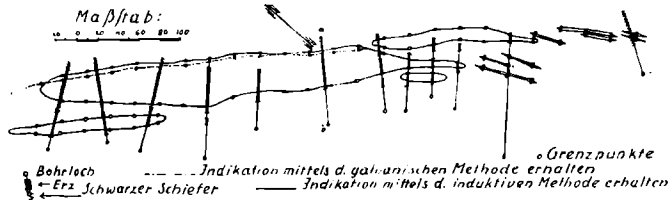


Fig. 19

folgenden Jahre wurde ebenfalls mittels der Potentialmethode das ausgedehnte Erzgebiet von Bjurfors (Kupfer-, Schwefelkies und Zinkblende) erschlossen. Von 1922 an jedoch kamen die elektromagnetischen Methoden in größerer Ausdehnung zur Anwendung. Die wichtigsten Entdeckungen, die man diesen Methoden im Skelleftefeld zu verdanken hat, sind jene der Erze von Rakkejaur, Näsliden, Mensträsk, Braxträsk und Bjurliden. (Fig. 17).

In Rakkejaur wurden 1921 eine größere Zahl von losen Erzblöcken gefunden. Hierauf ging man an die elektrische Untersuchung des Gebietes und führte auf Grund der erhaltenen Indikationen Diamantbohrungen und Aufschlußarbeiten durch. Das Ergebnis ist die Erschließung dreier ausgedehnter Erzkörper, deren heute sichtbare Oberfläche zwölftausend Quadratmeter beträgt. Das Erz besteht aus Kupfer-, Schwefel- und Arsenkies mit Goldgehalt, etwas Zinkblende und einem Antimonbleierz (Boulangerit). Die Erze liegen am Kontakt zwischen Porphyren und schwarzen graphitischen Schiefen, welche letztere gute elektrische Leiter sind. Es war daher eine be-

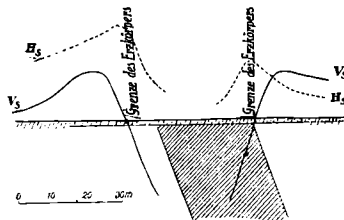


Fig. 20

sonders schwierige Aufgabe, die Grenzen der Erzkörper gegen die schwarzen Schiefer elektrisch zu bestimmen, da die Unterschiede in der Leitfähigkeit der Erze und des Schiefers sehr gering sind. Wie Fig. 19 zeigt gelang diese Grenzbestimmung sowohl mittels der induktiven als auch mittels der galvanischen Methode. Die elektrisch bestimmten Grenzen des Erz-

körpers stimmen fast genau überein mit der später durch Bohrungen und Aufschlüsse festgestellten tatsächlichen Umgrenzung. Fig. 20 zeigt den Verlauf der Vertikal- und Horizontalkomponente im sekundären Feld längs der Profillinien a—b und die daraus bestimmten Grenzpunkte des Erzkörpers.

Sehr schwierig war auch die in Näsliden zu lösende Aufgabe, weil dort Erze, graphitische Schiefer und imprägnierte Porphyre in förmlicher Wechselagerung und Verzahnung auftreten. Doch war es auch dort möglich, die Erzkörper zu lokalisieren, so daß die auf Grund der Indikationen niedergebrachten Diamantbohrungen die Erzlinsen auch wirklich antrafen. (Fig. 21).

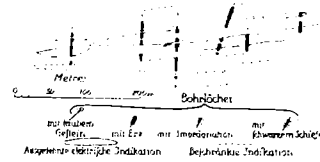


Fig. 21

Sehr bemerkenswert ist die Auffindung der Erze von Mensträsk mittels der elektromagnetischen Methoden. Auch hier gaben einzelne Funde von Erzblöcken Anlaß zur Untersuchung. Durch systematisch betriebenes Blocksuchen vergrößerte sich die Anzahl und Streubreite der Erzblöcke bald erheblich. Da die geologischen Anhaltspunkte sehr spärlich waren, mußte ein Gebiet von 50 km<sup>2</sup> elektrisch abgesucht werden. Wie aus Fig. 22 zu ersehen ist, erhielt man auf Grund

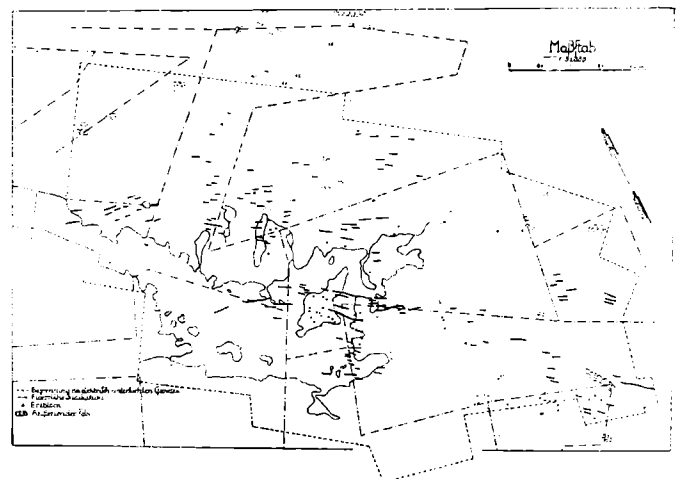


Fig. 22

der Rekognosierungsmessungen eine überaus große Anzahl von Indikationen mit einer Gesamtlänge von 25 km. Es war von vornherein klar, daß die Mehrzahl nicht Erzkörpern entsprechen konnten, sondern von graphitischen und zum Teil auch kiesimprägnierten Schiefen verursacht sein mußten. Hier hatten die qualitativen Detailmessungen einzusetzen, um die Auswahl zu treffen. Es mußte auf diese Weise eine ungeheure Summe von Arbeit auf die elektrischen Untersuchungen verwendet werden. An 150 000 elektrische Beobachtungen wurden allein hier ausgeführt. So überprüfte man auch die Indikationen, die man am zugefrorenen See Mensträsk erhalten hatte, durch qualitative Messungen. Auf Grund dieser Ueberprüfung wurden Indikationen, welche kompakten Erzkörpern ent-

sprechen sollten, von solchen unterschieden, die bloß durch Imprägnationen und von anderen die durch graphitische Schiefer veranlaßt sein konnten. Die daraufhin vom Eis aus niedergebrachten Bohrungen bestätigten die Voraussage. Auf der Indikation, welche bloßen Imprägnationen entsprach, wurde nur des zusammenhängenden Grubenmaßes wegen gebohrt. Die unter dem See Mensträsk aufgefundenen Erze (Kupfer-, Schwefel-, Arsenkies) lagen z. T. im schwarzen Schiefer z. T. am Kontakt von Helleflinta und Schiefer. Es wurde also auch hier die sehr schwierige Aufgabe, das

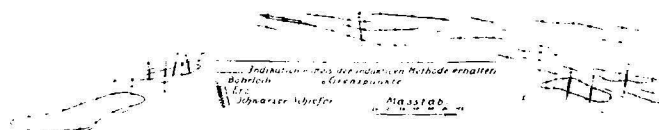


Fig. 23

Erz von dem nur wenig schlechter leitenden Schiefer zu unterscheiden, einwandfrei gelöst. Fig. 23 zeigt die Indikationen am See Mensträsk und das Ergebnis der

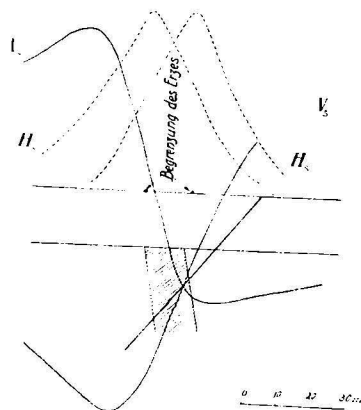


Fig. 24

Bohrungen, Fig. 24 den Verlauf der Komponenten des sekundären Feldes längs der Linie a—b. Fig. 25 zeigt



Fig. 25

eine mit Rekognosierungsmessungen am zugefrorenen See beschäftigte Meßgruppe, Fig. 26 die Bohrmaschine in Arbeit am gleichen See.

Später wurden noch weitere Erzkörper auf östlich vom See gelegenen Indikationen durch Bohrungen erschlossen.

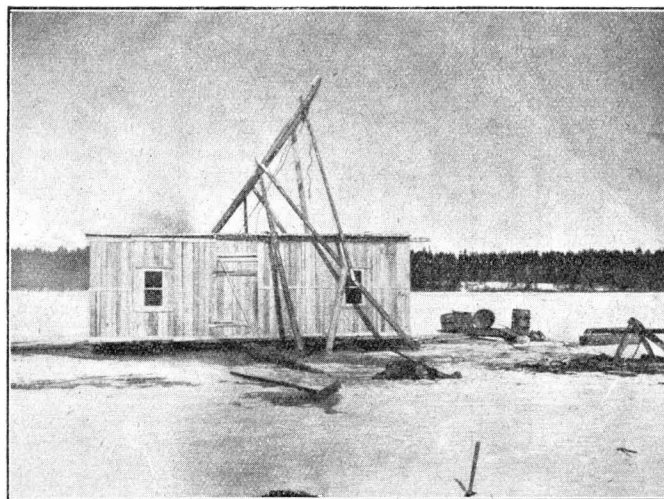


Fig. 26

Auf Grund von Blockfunden wurde auch das Gebiet von Braxträsk elektromagnetisch untersucht. Man erhielt gute Indikationen, und die daraufhin niedergebrachten Bohrungen stießen auf schöne Schwefel- und Kupferkieserze. Fig. 27 zeigt das Ergebnis der

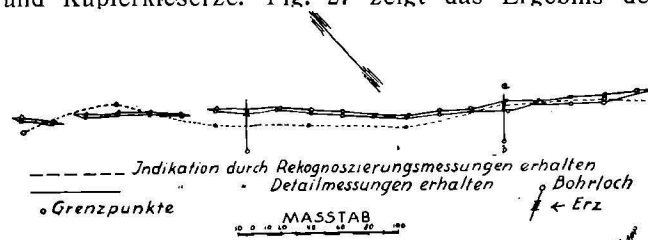


Fig. 27

elektrischen Rekognosierungs- und Detailmessung, sowie der Bohrungen, Fig. 28 den Verlauf der Komponente des sekundären Feldes längs a—b und die Lage des Bohrloches.

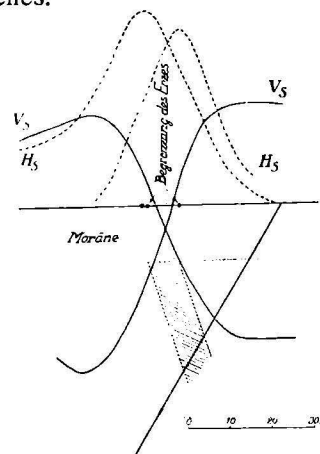


Fig. 28

Schließlich sei noch auf Bjurliden hingewiesen, wo man auf kräftigen Indikationen bohrte und einen sehr wertvollen mächtigen Erzkörper, bestehend aus Kupfer-

und Arsenkies, antraf. Für das Vorhandensein dieses Erzes waren von vornherein überhaupt keine Anhaltspunkte gegeben, da dem in der Eisrichtung vorliegenden vollständig versumpften Terrain Blöcke fehlen.

Im ganzen sind im Skelleftefeld bisher etwa 150 km<sup>2</sup> elektrisch untersucht worden. Gearbeitet wird das ganze Jahr hindurch, im Winter bei Temperaturen bis 40° Celsius unter Null. Das Ergebnis ist die Entdeckung von zahlreichen abbauwürdigen Sulfid-erzlagern, wovon die wichtigsten in Fig. 17 ausgeschieden sind. Sie alle wären ohne elektrische Methoden bis heute unentdeckt.

Der Erzdistrikt von Skellefteo, welcher sich innerhalb Europas am ehesten mit dem von Rio Tinto in Spanien vergleichen läßt, enthält die reichsten Sulfid-

erzvorräte Schwedens. Die schwedischen elektrischen Schürfmethode, vor allem aber die elektromagnetischen Methoden, haben hier an einer wirklich großzügigen Aufgabe ihren großen praktischen Wert erwiesen. Nur diesen modernen geoelektrischen Methoden ist es zu danken, daß Schweden zu seinen beiden großen Erzdistrikten im mittleren Schweden und in Lappland, nun noch einen dritten großen Distrikt mit Sulfid-erzen in Västerbotten dazugewonnen hat. Andererseits verdanken es die elektromagnetischen Methoden dem Skelleftefeld mit seinen schwierigen Problemen der Erzauffindung, daß sie sich zu einer so hohen Stufe der Brauchbarkeit entwickelt haben und heute als die modernsten geoelektrischen Methoden gelten müssen.

