

Werk

Jahr: 1926

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:2

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0002

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0002

LOG Id: LOG_0096

LOG Titel: Die Bedeutung der geophysikalischen Methoden für Geologie und Bergwirtschaft

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Die Bedeutung der geophysikalischen Methoden für Geologie und Bergwirtschaft.

Von B. Kühn.

Bis in dieses Jahrhundert hinein trug, von Meteorologie und Erdmagnetismus abgesehen, die physikalische Erforschung unseres Erdballes einen rein wissenschaftlichen Charakter. In den letzten beiden Jahrzehnten jedoch hat sich mit überraschender Schnelligkeit eine angewandte Geophysik ausgebildet, die es unternimmt, mit ihren rein physikalischen Methoden Fragen zu lösen und Aufgaben technischer und wirtschaftlicher Natur zu dienen, die bisher ausschließlich dem Geologen zufielen, und es haben sich sehr weitgehende Erwartungen an diesen neuen Zweig der Geophysik geknüpft. Wenn ich in nachstehendem den Versuch unternehme, die Bedeutung dieser physikalischen Methoden für die geologische Erforschung der Erdoberfläche und ihren Wert für Technik und Bergwirtschaft genauer zu bestimmen, so will ich nicht eine kritische Betrachtung des bereits ziemlich reichhaltigen Materials einschlägiger Untersuchungen anstellen, zumal aus hier nicht näher zu erörternden Gründen die Nachrichten darüber sehr lückenhaft und einseitig sind, sondern ich will von allgemeinen Gesichtspunkten ausgehen.

Man hat den Unterschied zwischen der geologischen und den geophysikalischen Methoden und eine gewisse Überlegenheit dieser über jene darin zu finden geglaubt, daß erstere zunächst lediglich punktförmige Feststellungen liefere, während letztere Zusammensetzung und Aufbau eines größeren Gebietes gleich im ganzen erkennen lassen. Dies ist jedoch nur sehr bedingt richtig. Es trifft nur auf die eine Klasse geophysikalischer Methoden zu, die wie die seismische und elektrodynamische in der Erdrinde eine Wellenbewegung erregen und aus den Angaben der Empfangsapparate einen Schluß auf die Beschaffenheit des Zwischengeländes zwischen Erschütterungspunkt und Seismometer oder Sender und Empfänger ziehen; es gilt streng genommen schon nicht für die Verwendung elektrischer Ströme, da Verlauf und Eigenheiten des künstlich erzeugten Strömungsfeldes nur durch Einzelmessungen an zahlreichen Punkten festgestellt werden können, und es gilt vollends nicht von der anderen Gruppe der physikalischen Methoden, die unmittelbare Fernwirkungen der die Erdrinde zusammensetzenden Massen messend verfolgen. Wenn der Geophysiker die Größe der Schwerkraft bestimmt oder die magnetische Vertikalintensität mißt, so sind das genau so punktförmige Feststellungen, wie wenn der Geologe irgendwo das Anstehende beobachtet, und wie sich das geologische Bild eines kleineren oder größeren Bezirks aus solchen punktförmigen Beobachtungen zusammensetzt, ebenso sein Schwere- und magnetisches Bild.

Wenn wir somit in dieser Hinsicht eine prinzipielle Überlegenheit der geophysikalischen Methoden über die geologische nicht anzuerkennen vermögen, so mag es doch als ein Vorzug der ersteren erscheinen, daß sie die Erdrinde selbst

zum Gegenstande des Experimentes zu machen in der Lage sind oder, soweit dies nicht möglich ist, doch die in ihr wirksamen und von ihrer Zusammensetzung beeinflussten Naturkräfte exakten Messungen unterwerfen können, und wir werden besonders geneigt sein, diesen Vorzug hoch anzuschlagen, wenn wir des unschätzbaren Wertes gedenken, den eine andere rein physikalische Methode für einen wichtigen Zweig der Geologie besitzt, nämlich die mikroskopische Untersuchung der Gesteine im polarisierten Licht, die ja nicht in der Betrachtung vergrößerter Abbilder der Objekte aufgeht, vielmehr eigentlich in einem beständigen optischen Experimentieren und Messen besteht.

Darf man erwarten, daß die Anwendung der verschiedenen Zweige der Physik auf die Erforschung der Erdrinde für die Geologie einen ebenso großen Fortschritt herbeiführen wird, wie die Anwendung der Kristalloptik auf die Untersuchung der Gesteine? Es ist vielleicht nicht unzweckmäßig, zur Beantwortung dieser Frage die geophysikalischen und die optische Methode miteinander zu vergleichen. Das Tertium comparationis, ohne das ein solcher Vergleich nicht zulässig wäre, liegt ja auf der Hand. Wie die Gesteine aus Gemengteilen von mannigfacher Art, Gestalt und Größe bestehen, so ist die Erdrinde aus verschiedenartigen „Bausteinen“, wie man sagen kann, von mehr oder minder unregelmäßiger Form zusammengesetzt — nur die Größenordnung ist verschieden. Von dieser Vorstellung vom Bau der Erdrinde aus hat man es ja unternommen, geologische Karten und Profile zu entwerfen. Die Analogie ist allerdings keine vollkommene; denn die Zerlegung der Erdrinde in diskrete Bausteine ist, was hier nicht näher ausgeführt werden soll, zum Teil nur eine ideelle, und darum geht es bei dem Entwurf geologischer Karten und Querschnitte nicht ganz ohne Gewaltigkeiten ab, die bei der mikroskopischen Analyse der Gesteine nicht in gleicher Weise wiederkehren. Für unseren Zweck jedoch ist dies unerheblich.

Wenn mit dem Polarisationsmikroskop die Unterscheidung der winzigsten Mineralkörnchen gelingt, so beruht dies auf der Kenntnis der sogenannten optischen Konstanten aller Mineralien. Etwas diesen optischen Konstanten vollkommen Entsprechendes gibt es nicht für die physikalischen Untersuchungsmethoden der Erdrinde — kann es gar nicht geben, da die Bausteine der Erdrinde, die Gesteine, nicht homogene Körper sind wie die kristallisierten Mineralien, aus denen ja die Gesteine im allgemeinen fast restlos bestehen. Der Kalkstein hat, auch wenn er von chemisch reiner Beschaffenheit wäre wie der Kalkspat, keine physikalische Konstante; nicht einmal sein spezifisches Gewicht bleibt sich gleich; denn das hängt auch noch von seinem wechselnden Gefüge (Struktur und Textur) ab. Nun sind aber die Gesteine ausnahmslos mehr oder minder inhomogen schon nach ihrer stofflichen Natur und bilden zudem alle möglichen Übergänge untereinander. So schwanken die Werte für ihr Verhalten gegenüber Beanspruchungen seitens der verschiedenen Energiearten bei den unterschiedlichen Gesteinsarten innerhalb sehr weiter Grenzen. Was aber am schwersten wiegt: diese Werte überdecken sich größtenteils. Die Folge davon ist, daß die im Untersuchungsgebiet auftretenden Gesteine in bezug auf die eine oder andere, oft auch mehrere und manchmal alle Eigenschaften, auf deren Messung die physikalischen Methoden beruhen, praktisch indifferent sind.

Selbst wenn man in der Lage ist, die im Untergrunde anzunehmenden Gesteine auf ihre Eigenschaften zu prüfen, weil sie auch zutage treten, hat man noch keine sichere Gewähr, daß sie sich in der Tiefe in allem ebenso verhalten — ganz abgesehen davon, daß zur Ermittlung mancher dieser Eigenschaften (Magnetismus, Elastizität) an Probestücken keine vollkommenen Methoden zur Verfügung stehen. Wer einmal Bohrkerne untersucht hat, weiß, wie verschieden die Gesteine, insbesondere Kalksteine, im Erdinnern und am Ausgehenden beschaffen sein können, so daß man Mühe hat, die einzelnen Schichten zu identifizieren. Dazu kommt, daß die spezifischen Eigenschaften der Gesteine durch besondere Einflüsse, insbesondere den Feuchtigkeitsgehalt, mehr oder minder stark alteriert sein können. So wird durch letzteren namentlich die Leitfähigkeit für den elektrischen Strom weitgehend bedingt. Das Wasser ist ja aber keineswegs gleichmäßig in einem und demselben Gesteinskörper verteilt; seine Menge schwankt mit der stofflichen und strukturellen Abänderung des Gesteins und besonders mit dem wechselnden Grade der Klüftigkeit. Eine reichlich wasserführende Kluft wird sehr starke Einwirkungen hervorrufen, ohne daß ihr doch die geringste Bedeutung für die Tektonik, auf deren Aufdeckung es abgesehen ist, zuzukommen braucht.

Nicht minder schwer fällt ein anderer Unterschied zwischen den geophysikalischen und der optischen Methode ins Gewicht. Bei letzterer betrachtet man ein künstliches Präparat, das die verschiedenen Gesteinselemente, jedes für sich neben dem anderen zeigt; kein Gemengteil überdeckt den anderen; je feinkörniger das Gestein, um so dünner muß der Dünnschliff sein. Bei den geophysikalischen Methoden hat man es dagegen an jedem Punkte mit der Gesamtwirkung aller Massenteilchen der Erdrinde zu tun. Dabei nimmt die Wirkung mit dem Quadrat (bei einigen magnetischen und elektrischen Größen auch nach einer höheren Potenz) der Entfernung ab; die Einwirkungen der verschiedenen übereinandergelegenen Massen überdecken sich. So steht man bei der Deutung des einzelnen Meßergebnisses vor einer völlig unbestimmten Aufgabe, die, streng mathematisch genommen, unendlich viele Lösungen zuläßt. Wert gewinnen die Messungen überhaupt erst dadurch, daß sie in hinreichender Anzahl angestellt und miteinander in Beziehung gesetzt werden, wozu sie auch bloß einen relativen und keinen absoluten Charakter zu haben brauchen. Ein derartiges regelmäßiges oder unregelmäßiges Netz von Messungspunkten spiegelt in der graphischen Darstellung der Meßergebnisse die räumliche Anordnung der das erfaßte Stück der Erdrinde zusammensetzenden unterschiedlichen Massen wider, ohne daß jedoch diese Anordnung selbst daraus genau erkannt werden könnte. Ihr Abbild kann wohl um so vielseitiger und ausdrucksvoller gestaltet werden, es können um so mehr seiner von vornherein unbegrenzten Auslegungen ausgeschaltet werden, auf je mehr verschiedenartige physikalische Größen die Messungen ausgedehnt werden, wenn man beispielsweise nicht bloß den Betrag der Schwerkraft, sondern auch ihren horizontalen Gradienten und das Krümmungsverhältnis der Niveauflächen bestimmt, außer der magnetischen Vertikalintensität auch andere Elemente des Erdmagnetismus mißt oder, wie schon v. Eötvös getan hat, Schwere- und magnetische Messungen kombiniert, etwa auch noch seismische und womöglich elektrische heranzieht — eindeutig wird das Bild nicht.

Man kann, von bestimmten Voraussetzungen über den Aufbau des Untersuchungsgebietes ausgehend, unter Einsetzung genauer Werte der in Betracht kommenden spezifischen Eigenschaften seiner Bausteine den Effekt vorausberechnen — dies übrigens auch nur, wenn man für letztere die regelmäßigsten und einfachsten Raumformen annimmt, wie sie in der Natur nicht vorkommen; man kann aber nicht aus dem in den Messungsergebnissen vorliegenden Gesamteffekt die ihn bedingende Konstellation eindeutig bestimmen. Nehmen wir als einfaches Beispiel an, ein Gebiet gleichmäßiger Schwere sei von einer langgestreckten Zone niedrigerer Schwere durchzogen und mittels der Drehwage sei obendrein festgestellt, daß der Abfall der Schwerewerte sich beiderseits sehr rasch und längs annähernd gerader Linien vollziehe. So bieten sich — von gesuchteren Deutungen abgesehen — zwei gleichberechtigte Annahmen dar: entweder liegt ein mit leichteren Massen ausgefüllter Graben inmitten schwererer Gesteine vor oder ein in letztere eingeschobener, aus leichterem Material bestehender Horst. Über die Natur der Gesteine lassen sich lediglich auf Grund der Messungen ebensowenig Angaben machen, wie über die Tiefenverhältnisse. Aber selbst eine so ausgeprägte Tektonik wie die angenommene kann sich unter Umständen überhaupt der Feststellung durch physikalische Versuche entziehen. So etwa, wenn der Graben zum Teil mit Ergüssen eruptiver Massen erfüllt ist, wodurch der Schwereunterschied ausgeglichen oder gar in das Gegenteil verkehrt wird. Magnetische Messungen würden wohl einen Hinweis auf ihr Vorhandensein geben, aber sie böten keinen Anhalt für die Annahme von Schollenbewegungen.

So führen der Mangel wirklicher Konstanten und die Unbestimmtheit räumlicher Beziehungen, jedes für sich und erst recht in ihrem Zusammentreffen, zu dem Ergebnis, daß die geophysikalischen Methoden an und für sich nicht zur vollen Erkenntnis geologischer Tatsachen gelangen können, sondern daß hierzu durch die geologische Beobachtung so viel Daten beige-steuert werden müssen, daß — bildlich gesprochen — die Zahl der Unbekannten mit der Zahl der Gleichungen, deren Aufstellung die Messungen ermöglichen, in Einklang gebracht wird.

Gleichwohl verdankt nun die Geologie bei ihrem Bestreben, den Bau der äußeren Erdrinde über den ganzen Erdball zu erforschen, auch bereits solchen geophysikalischen Untersuchungen, die um ihrer selbst willen ohne Zutun des Geologen angestellt worden sind, wertvolle Hinweise und Einsichten, nämlich den über große, geologisch noch gar nicht oder mangelhaft bekannte Gebiete sich erstreckenden Schwere- und magnetischen Vermessungen. Ein vorzügliches Beispiel bietet Norddeutschland, in dem magnetisch gestörte Bezirke schon länger bekannt und in jüngster Zeit auch sehr auffällige Abweichungen von dem nach der gleichförmigen Bodengestalt und Bodenbeschaffenheit zu erwartenden einheitlichen Schwereverhalten festgestellt worden sind. Es geht aus diesen Schwere-messungen zwar nur das eine hervor, daß örtlich verhältnismäßig schwere Massen der Erdoberfläche erheblich näher kommen müssen, als anderwärts, aber auch dies ist schon eine für den Geologen höchst bemerkenswerte Tatsache, über deren Bedeutung er allerdings vorerst nur mittels Analogieschlüssen von besser bekannten Gebieten her mehr oder minder wahrscheinliche Vermutungen aus-

zusprechen vermag und für deren nähere Erklärung er nur durch Bohrungen zu beschaffende genauere Unterlagen beibringen muß.

Aber die Geophysik vermag auch bei der weiteren Aufhellung dieser für den Untergrund Norddeutschlands so bedeutsamen Erscheinung dem Geologen erhebliche Beihilfe zu leisten. Wenn durch eine Bohrung von der erforderlichen Tiefe die Natur der die hohen Schwerewerte bedingenden Gesteinsmassen festgestellt ist, so läßt sich unter der Voraussetzung gleichbleibenden Deckgebirges ihre Seigerteufe bei genauerer Vermessung des Gebietes aus den gewonnenen Zahlen für jeden Punkt rein rechnerisch finden. Nehmen wir nun noch magnetische Messungen zu Hilfe, so können wir auch aus ihren Werten, wenn auch mit geringerer Sicherheit — die Eigenschaft der Polarität macht ja die Verhältnisse um vieles verwickelter als bei der Schwere —, die jeweilige Tiefenlage dieser Massen bestimmen. Soweit die nach beiden Methoden ermittelten Werte übereinstimmen, ist mit Gleichartigkeit der Massen zu rechnen. Weichen sie aber etwa von einer bestimmten Linie an voneinander ab, so würde dies für einen Gesteinswechsel sprechen. Man denke etwa an den Gegensatz von Granit und Schiefer im Harz, zu dem man sich ein unterirdisches Gegenstück als Ursache einer solchen Schwerechwelle in Norddeutschland vorstellen kann. Dann ließe sich — immer unter obiger Voraussetzung und unter Annahme einer scharfen und nicht zu flach einfallenden Grenzfläche zwischen beiden Gesteinsmassen — die Lage der ersteren genauer verfolgen, als dies praktisch durch Bohrungen möglich ist. Die Ansatzpunkte für die zur Gewinnung voller Klarheit doch noch erforderlichen können gleich an die kritischen Stellen verlegt, und ihre Zahl kann auf ein Minimum beschränkt werden. — Die Sicherheit und Genauigkeit der angedeuteten Konstruktionen würden natürlich noch erheblich gewinnen, wenn auch noch das seismische Verfahren zur Bestimmung der Mächtigkeit des Deckgebirges, der Gestalt seiner Auflagerungsfläche und gegebenenfalls der Lage und Neigung der Grenzfläche zwischen den verschiedenen Gesteinsmassen herangezogen werden kann.

Noch ein weiteres Beispiel für die Anwendung physikalischer Verfahren möchte ich anführen. Wir sind oft nicht imstande, auf Grund der geologischen Beobachtung über Tage die wichtige Entscheidung zu treffen, ob ein Eruptivgesteinskörper, z. B. ein Basaltberg, einen durch Erosion isolierten Teil eines Lavastromes (oder auch einer Decke) unbekanntem Ursprungs darstellt, oder ob er eine sogenannte Quellkuppe bildet, d. h. über dem Eruptionsschlot selbst gelegen ist und sich beim Austritt an die damalige Erdoberfläche um ihn herum ausgebreitet hat. Hier verspricht unter günstigen Umständen — insbesondere plateauförmige Gestalt — die magnetische Methode Erfolg. Über dem erfahrungsgemäß dem Umfange des Basaltvorkommens gegenüber meist ziemlich engen Eruptionsschlot müßte bei dem starken Unterschied in der Stärke des Magnetismus zwischen Basalt und Nebengestein die Vertikalintensität wegen gesteigerter Massenwirkung ein auffälliges Maximum zeigen. So könnte die — vielleicht exzentrische Lage des Eruptionsschlotes festgestellt werden. Freilich besitzt auch hier das Ergebnis keine völlige Sicherheit. Es könnte sich auch nur um eine eisenreiche magmatische Ausscheidung handeln, die um so geringfügiger zu

sein brauchte, je näher sie der Erdoberfläche gelegen ist, um den beobachteten Effekt hervorzubringen. — Die theoretisch gleichberechtigte Anwendung der Drehwage auf die vorliegende Frage würde in der Praxis wegen der starken Fehlerquellen kaum zum Ziele führen.

Ich verzichte auf weitere Beispiele. Zusammenfassend läßt sich über die Verwertung geophysikalischer Methoden bei geologischen Aufgaben folgendes sagen. Obenan steht der Dienst, den sie der geologischen Erforschung der Erdoberfläche durch die Aufdeckung noch verborgener, ihre Zusammensetzung beherrschender Züge erweisen. Es gibt weite Gebiete, die wie Norddeutschland und das angrenzende Rußland mit erratischen Bildungen, andere, die mit Flugsand, Löß, Laterit, Hochmoor, auch Wasser und Inlandeis bedeckt sind. Es wird die Zeit kommen, wo der Geologe daran gehen wird, diesen Schleier zu lüften, der ihm den Einblick in das Felsgerüst der Erde verwehrt. Das kann nur durch Bohrungen geschehen. Aber er wird damit warten, bis diese Gebiete mit dem Pendel abgetastet und mit einem Netz magnetischer Messungen überzogen sind und ihm so bei seinem Vorgehen der einzuschlagende Weg gewiesen ist.

In zweiter Linie kommt die mehr ins einzelne gehende Verwendung der geophysikalischen Verfahren bei der Aufklärung der Lagerungsverhältnisse in engster Verbindung mit dem geologischen Vorgehen, wie ich es oben an einigen Beispielen ausgeführt habe. Vorbedingung ihrer erfolgreichen Betätigung ist das Vorhandensein von Unterschieden in physikalischer Hinsicht zwischen den am Aufbau beteiligten Massen. Der Nachweis solcher Ungleichheiten hat stets auch eine geologische Bedeutung. Aber es gilt nicht der umgekehrte Satz, daß da, wo sich keine Unterschiede bemerklich machen, auch keine wichtigen tektonischen Elemente in Frage kommen. Wenn eine Verwerfung Gebirgsglieder von gleichem Gesteinscharakter zusammenlegt, oder wenn eine Diskordanz zwischen aufeinanderfolgenden gleichartigen, aber in ihrer stratigraphischen Stellung vielleicht weit getrennten Schichtpaketen vorliegt — Lagerungsverhältnisse, von deren Erkennung die richtige Beurteilung der Tektonik mit allen ihren Konsequenzen auch in praktischer Hinsicht abhängt —, in solchen nicht eben seltenen Fällen versagen die geophysikalischen Methoden. Die öfters ausgesprochene Meinung, daß mit wohl erreichbarer Verfeinerung der Instrumente und dadurch ermöglichten Erfassung auch geringfügigster Unterschiede in den Eigenschaften der Gesteine der Verwendungsbereich der geophysikalischen Methoden immer weiter ausgedehnt werden könnte, dürfte im allgemeinen nicht zu Recht bestehen, da der Verwirklichung theoretischer Möglichkeiten, wie sie im Laboratorium zu erreichen ist, wegen der unübersehbaren störenden Einflüsse in der Natur zu große Schwierigkeiten entgegenstehen. Wir sehen vielmehr schon heute das berechtigte Bestreben, unter Verzicht auf eine doch nicht auszunutzende Empfindlichkeit den Instrumenten eine möglichst handliche, den raschen Fortgang der Messungen gestattende Form zu geben. Der Geologe vermag aber — nötigenfalls an Bohrkernen — die in ihren physikalischen Eigenschaften gar nicht oder in einem für die sichere Anwendung physikalischer Methoden nicht hinreichenden Maße voneinander abweichenden Gebirgsglieder

immer noch zu unterscheiden — wenn nicht schon an ihrem Aussehen, so durch mikroskopische und chemische Analyse, Vergleichung ihres Fossilgehaltes oder mittels anderer Kriterien. — Die Ergebnisse der physikalischen Messungen werden um so klarer ausfallen, je schärfer ausgeprägt und vollkommener eben die Berührungsflächen der verschiedenen Massen und im allgemeinen auch, je steiler geneigt sie sind. Schließlich ist eine gewisse Großzügigkeit in dem Bau des untersuchten Gebietes Voraussetzung für die Anwendung der physikalischen Verfahren. In eng zerstückelten und stark durchbewegten Gebieten kommen die für sie erforderlichen Aufwendungen vorteilhafter von vornherein der Anlage künstlicher Aufschlüsse, Schürfe oder Bohrungen, zugute.

Nun vermögen aber andererseits auch die geophysikalischen Verfahren den Anwendungsbereich der geologischen Methode zu überschreiten, und wir werden ihre Indikationen wahrlich nicht geringer bewerten, weil wir sie — drastisch ausgedrückt — nicht mehr mit dem Hammer in der Hand nachprüfen können; kommen wir doch selbst in unmittelbarer geologischer Beobachtung in hohem Maße zugänglichen und zudem durch Bohrungen aufgeschlossenen Gebieten, wie der darüber herrschende Meinungsstreit lehrt, mit unserer Auffassung ihres Baues nicht immer über ein gewisses Maß von Wahrscheinlichkeit hinaus. Am meisten dürfte das seinem Wesen nach unter den geophysikalischen Methoden eine Sonder-, man kann sagen Vorzugsstellung einnehmende seismische Verfahren, das durch Geschwindigkeitsmessung der fortschreitenden elastischen Wellenbewegung auch zu Tiefenangaben befähigt ist, berufen sein, uns einigermaßen sichere Kunde über Teufen zu geben, in die kein Bohrgestänge dringt. So erscheint es beispielsweise aussichtsvoll, auf diesem Wege nach und nach zu einem zusammenhängenden Bilde von der Tiefenlage des in einzelnen Schollen bis zur Tagesoberfläche aufragenden kristallinen Grundgebirges bzw. des mehr oder minder metamorphischen Altpaläozoikums in den vom mesozoischen Flözgebirge bedeckten Gebieten Deutschlands zu gelangen, was für unsere Erkenntnis der die Gebirgsbildung beherrschenden Gesetze von höchster Bedeutung sein müßte. Doch treten wir damit bereits in das Gebiet der theoretischen Geologie ein, deren innige Beziehungen zur Geophysik über den dieser Betrachtung gesteckten Rahmen hinausgehen.

Wenn ich noch einen besonderen Blick auf die im Vordergrund des Interesses stehende Verwendung physikalischer Verfahren zur Aufsuchung von nutzbaren Stoffen in der Erdkrinde und zur Feststellung ihrer Lagerstätten, also auf die Bedeutung der Geophysik für Bergbau und Bergwirtschaft werfe, so bleibt mir nur wenig hinzuzufügen. Die Grundlagen zur Beurteilung sind ja hier die gleichen wie bei der rein geologischen Forschung.

Die im einzelnen auf diesem Gebiete sich ergebenden Aufgaben sind hinsichtlich des Stoffes und Vorkommens von einer solchen Mannigfaltigkeit, daß sie jedes Versuches einer Systematik und der Aufstellung allgemeiner Regeln spotten. Es gibt Fälle, die die Heranziehung physikalischer Methoden geradezu herausfordern und ihre Unterlassung zu einer groben Nachlässigkeit stempeln. Wenn es sich z. B. darum handelt, die Begrenzung eines Salzstockes festzustellen, so

wird man selbstverständlich sich der oft bewährten Drehwage oder auch des seismischen Verfahrens, vielleicht auch magnetischer Messungen bedienen. Oder wenn man in erratischen Bildungen an der Erdoberfläche Erzstufen findet, die vom Anstehenden losgerissen und verschleppt sein müssen, so wird man, wenn es sich um Erze von guter elektrischer Leitfähigkeit handelt, ihre ursprüngliche Lagerstätte mittels dem in Frage kommenden Gebiete aufgeprägten elektrischen Stromes suchen. Doch nicht immer ist der Erfolg selbst bei sorgfältigster Ausführung der physikalischen Versuche verbürgt. Am sprödesten dürften sich ihnen gegenüber im allgemeinen die Kohlelagerstätten, am zugänglichsten die Erzlagerstätten verhalten. Diese bilden — abgesehen von den stärker magnetischen Eisenerzen — die besondere Domäne der für rein geologische Fragen wohl am wenigsten ergiebigen elektrischen Verfahren, die sehr mannigfach variiert und kombiniert und gelegentlich auch auf mancherlei für den Abbau wichtige Umstände, z. B. die Wasserführung mit Erfolg angewandt werden können.

Selbstverständliche Voraussetzung für die Anwendung physikalischer Schürfvorsuche, wie man sie nicht gerade glücklich genannt hat, ist das Vorhandensein von Anzeichen oder mindestens die begründete Vermutung einer Lagerstätte in einem enger umschriebenen Bezirk. Es gibt gewiß außer den bekannten noch eine ganze Reihe von Salzstöcken in Norddeutschland. Wer sie, sei es um des Salzes selbst, sei es um der Erdölhöflichkeit ihrer Flanken willen, etwa mittels der Drehwage suchen wollte, würde ebenso verkehrt handeln, wie wenn jemand bei Bestimmung eines unbekanntes Gesteins im Dünnschliff gleich zu den stärksten Objektiven griffe, wobei er, wenn überhaupt, nur mit den größten Schwierigkeiten zum Ziele gelangen würde.

Im idealen Falle wird sich die physikalische Untersuchung einer Lagerstätte so gestalten, daß ihr nach geologischen Gesichtspunkten der einzuschlagende Weg vorgeschrieben wird, der, von weiteren zu immer engeren Alternativen fortschreitend, zu einem bestimmten, positiven oder negativen, Ergebnis gelangt. Dabei wird im Verlauf der Untersuchung die für die jeweilige Fragestellung geeignetste Methode zur Anwendung gelangen und nötigenfalls durch eingeschaltete Aufschlußarbeiten eine sichere Grundlage für den Fortgang des Verfahrens zu schaffen sein. Gewöhnlich jedoch — und es bleibt oft auch nichts anderes übrig — spielt sich eine physikalische Lagerstättenuntersuchung noch so ab, daß eine geeignet erscheinende Methode nach dem üblichen Schema auf das Objekt angewandt wird, die Messungsergebnisse in Gestalt von Isodynamen, Isanomalien oder auch nur Stromlinien- bzw. Äquipotentiallinienbildern dargestellt werden, und nun versucht wird, aus dieser graphischen Darstellung die plausibelste Erklärung für die mehr oder minder markanten Züge zu finden, die sie aufweist. Was für ein weiter Spielraum dann oft für die Deutung bleibt, mag man beispielsweise daraus ersehen, daß bei der Aufsuchung von Erdöl zwei geradezu entgegengesetzte Indikationen verfolgt werden, nämlich einerseits sein enorm hoher Widerstand gegenüber der elektrischen Strömung, so daß das Öl, als Schirm wirkend, ihr den Durchgang versperren soll, und andererseits die sehr hohe Leitfähigkeit des das Erdöl gewöhnlich begleitenden Salzwassers.

Da für den Bergbauunternehmer die Geophysik lediglich Mittel zum Zweck ist, wird er sich ungern zu langwierigen physikalischen Versuchen verstehen, von denen er fürchten muß, daß sie schließlich doch mit einem non liquet enden, und lieber gleich zu Hacke und Spaten oder der Bohrsonde greifen. So fällt dem geologischen Berater die schwere und verantwortungsvolle Aufgabe zu, die Aussichten der Anwendung physikalischer Verfahren richtig einzuschätzen, was naturgemäß eine hinreichende Vertrautheit mit ihnen zur Voraussetzung hat. Man darf zuversichtlich erwarten, daß mit dem wachsenden Schatz von Erfahrungen auch die Sicherheit in ihrer Anwendung mehr und mehr zunehmen wird, und es wäre dringend zu wünschen, daß mehr als bisher die Erfahrungen des einzelnen der Allgemeinheit zugänglich gemacht würden, wobei Mißerfolge, die ja dem Beobachter nicht zur Unehre gereichen, den gleichen Wert besäßen, wie die erfolgreichen Versuche. Glücklicherweise eröffnet die Errichtung unabhängiger Forschungsinstitute die Aussicht, daß die geophysikalischen Verfahren in geologisch genau erforschten Gebieten und an gut aufgeschlossenen Lagerstätten studiert und die Beobachtungen zum Besten von Wissenschaft und Technik verwandt werden.

Wenn in den vorstehenden Ausführungen die der Anwendung geophysikalischer Methoden auf Aufgaben der Geologie innewohnenden Schwierigkeiten hervorgehoben und die Schranken ihrer Leistungsfähigkeit betont worden sind, so liegt darin keine Herabsetzung ihres Wertes. Es bleibt ihnen ein weites und dankbares Feld der Betätigung. Eine Fülle von Aufgaben sind es, zu deren Lösung sie der zur kritischen Beurteilung ihrer Tragweite und ihrer Ergebnisse befähigte Geologe heranziehen kann. Wenn die reine Geophysik der theoretischen Geologie schon bisher eine feste Grundlage für die Erkenntnis der die Bildung und Umgestaltung der Erdrinde beherrschenden Gesetze gewährt hat, so mag ein späterer Geschichtschreiber der Geologie einen charakteristischen Zug für ihre gegenwärtige Phase wohl auch darin erblicken, daß nunmehr eine angewandte Geophysik zur Helferin des aufnehmenden und praktischen Geologen wird, zu dessen bisherigem Rüstzeug noch Drehwage und magnetische Variometer, Erschütterungsmesser und elektrische Apparate aller Art treten.

Aufzeichnungen von künstlichen Erdbeben.

Von **W. Schweydar** und **H. Reich**,

Bisher hat man die Ausbreitung der Wellen bei künstlichen Erdbeben hauptsächlich mit Seismographen mit nur vertikaler Komponente studiert. Es ist wünschenswert, außer der Vertikalkomponente mindestens eine horizontale Komponente zu verwenden, um bei entsprechender Orientierung des Apparates die Form der Wellen zu erhalten. Ein Apparat mit drei Komponenten ist für den Feldgebrauch nicht praktisch. Bei den Versuchen, über welche auf der Tagung der