

den grössten Fraktionen erhält man aber in diesem Falle eine längere Sedimentationszeit, als wenn man dieselbe auf Grund des spez. Gewichtes der Gesamtprobe ermittelt.

Die Fallzeitdifferenzen sind demnach besonders bei der feinsten Fraktion beachtenswert und dürfen daher nicht ausser Acht gelassen werden, wenn unser Ziel vollkommene Genauigkeit ist. Wollen wir jedoch von der Ermittlung der spez. Gewichte der einzelnen Fraktionen, absehen, so können wir in der Praxis für nicht ausgelaugte, karbonathaltige klastische Sedimente, (kalkhaltige Tone, Mergel, Löss, usw.) deren spez. Gewicht sich in der Regel dem Werte 2,70 nähert, das spez. Gewicht der feinsten Kornfraktion zu 2,78 annehmen, welches dann linear sinkt bis auf einen Wert von 2,68 für die grösste Fraktion. Wir können dann noch vereinfachen, wenn wir für die Fraktionen 0–0,005 mm 2,80, für die Fraktionen 0,01–0,05 mm, 2,75 und für die noch gröbere Fraktionen 2,70 als Werte des spez. Gewichtes annehmen. Auf diese Weise gelangen wir viel eher zu der Wirklichkeit entsprechenden Sedimentationszeiten, als wenn wir den in der Praxis gebräuchlichen Erfahrungswert 2,70 benützen, oder mit grosser Genauigkeit das spez. Gewicht der gesamten Materialprobe bestimmen.

* * *

(Untersuchung ausgeführt im Mineralogisch-Geologischen Institut der Kgl. Ung. Franz-Josef Universität in Szeged, Ungarn, unter Benützung der Instrumente der Rockefeller-Foundation.)

GEOLÓGIAI SZERKEZETEK GRAVITÁCIÓS HATÁSA KÜLÖNLEGES ESETEKBEN.

Irta: *Dr. Vajk Raul.*

GRAVITATIONSWIRKUNG UNTERIRDISCHER GEOLOGISCHER STRUKTUREN IN BESONDEREN FÄLLEN.

Von *Dr. Raul Vajk.*

Die Schwerewirkung unterirdischer geologischer Strukturen ist auf Dichtenunterschiede, die zwischen den einzelnen geologischen Schichten vorhanden sind, zurückzuführen. Für eine geeignete Interpretation der Messungsergebnisse von Drehwaagen ist es daher notwendig die Dichte der einzelnen unterirdischen Schichten zu kennen. Mit Hilfe der Dichtewerte kann die Gravitationswirkung der typischen elementaren Strukturen, oder dieselbe von Strukturen, die von solchen Elementen zusammengesetzt sind, berechnet werden und man kann durch das Vergleichen der Messungsergebnisse mit diesen berechneten Schwerewirkungen über die Gestalt und über den Umfang der in dem betreffenden Falle vorhandenen unterirdischen Struktur einen Schluss ziehen.

Zur Zeit der geophysikalischen Untersuchungen stehen Dichtewerte meistens noch nicht zur Verfügung und man muss sich mit — auf die Dichteverteilung bezogenen, der Wirklichkeit möglichst annähernden — Annahmen begnügen. Abgesehen von speziellen Fällen, sind die folgenden Annahmen betreffs der Dichteverteilung üblich:

1. Die Dichte einer jeden geologischen Schicht ist grösser (wenigstens nicht kleiner) als die Dichte der überliegenden Schichten. (Die Dichte nimmt mit der Tiefe zu.)
2. Jede einzelne Schicht ist homogen, d. h. die Dichte einer und derselben Schicht ist überall gleich.

Die Untersuchungen der aus Tiefbohrungen entnommenen Gesteinsproben zeigen, dass die Dichte mancher Schichten nicht konstant ist, vielmehr nimmt dieselbe innerhalb einer Schicht mit der Tiefe zu.¹ Man soll daher in manchen Fällen auch diesen Umstand bei der Interpretation von Drehwaagemessungen in Betracht nehmen. In solchen Fällen bedient man sich des älteren mit der Näherungsmethode, nach welcher man sich die Schicht mit veränderlicher Dichte in dünneren Schichten geteilt denkt, die innerhalb ihrer Abgrenzungen bereits als homogene anzusehen sind. Für die genaue Berechnung der Gravitationswirkung von homogenen Massen, die in eine Masse eingebettet sind, deren Dichte sich mit der Tiefe ändert, sind Formeln von Bellnigi² abgeleitet.

Die Interpretation der Drehwaagemessungsergebnisse ändert sich vollkommen, falls, im Gegensatz zu den, für die Dichteverteilung oben angegebenen Annahmen, die Dichte einer verhältnismässig dicken Schicht geringer ist als die Dichte der darüberliegenden Schichten. Ebenso kann eine besondere Dichteverteilung entstehen wenn, während der Ablagerung von Sedimentärgesteinen, eine abwechselnde tektonische Bewegung aufgetreten ist.

Bei der Interpretation von Drehwaagemessungen darf man eine Schicht mit geringerer Dichte als die Dichte der darüberliegenden Schichten, ebenso eine abwechselnde tektonische Bewegung überhaupt nur dann voraussetzen, wenn diese Annahmen mit genügenden Beobachtungsangaben unterstützt sind. Nichtsdestoweniger muss der Geophysiker auch diese Möglichkeiten in Betracht ziehen. Es dürfte daher nützlich sein, die Gravitationswirkung einiger solcher elementaren geologischen Strukturen, die durch besondere Dichteverteilung, die bei der Ablagerung, oder durch einer abwechselnden tektonischen Bewegung entstanden sind, eine von der Normalen abweichende Gravitationswirkung ausüben und demzufolge irreführend sein können, zu studieren.

Wir werden im Folgenden die Gravitationswirkung einiger geologischer Strukturen in denen eine solche besondere Dichteverteilung vorhanden ist, untersuchen.

1. *Gravitationswirkung einer Verwerfung im Falle einer mit der Tiefe zunehmenden Dichte.*

Der Verfasser hat die Gravitationswirkung einer, in Kalkstein vorkommenden, bekannten Verwerfung ermittelt und gefunden, dass die über dieser Verwerfung tatsächlich gemessenen Anomalien wesentlich grösser sind, als die berechnete Wirkung. Die Berechnung war unter der Annahme, dass die Dichte der Sedimentär-gesteine, die über dem Kalkstein liegen, homogen sind (d. h. die Dichte derselben überall gleich ist), angestellt. Nimmt man jedoch an, dass die Dichte der über dem Kalkstein liegenden Sedimentär-gesteine mit der Tiefe zunimmt und dass die Verwerfung auch in den Sedimentär-gesteinen vorhanden ist, so kann man die gerech-nete Wirkung mit der gemessenen Anomalien in Übereinstimmung bringen.

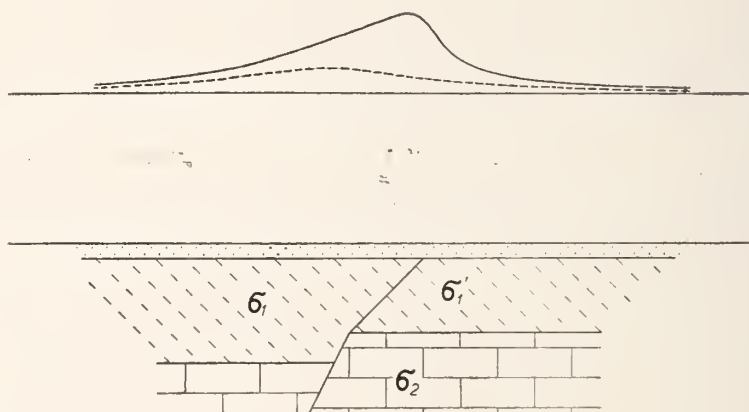


Abbildung 1. ábra.

Abbildung 1. stellt eine Verwerfung dar, die dem oben umschriebenen Falle ähnlich ist. Die mit Strichellinie gezeichnete Gradientenkurve bezeichnet die Gravitationswirkung der Verwerfung im Falle, dass die Dichte der über dem Kalkstein (σ_2) liegenden Sedimentär-gesteine (σ_1) überall gleich ist. Die mit vollen Linie gezeichnete Gradientenkurve stellt die Gravitationswirkung der Verwerfung dar, in dem Falle, wenn die Dichte der über dem Kalkstein (σ_2) liegenden Schichten auch verworfen sind und die Zunahme der Dichte dieser Schichten für den, der Sprunghöhe der Verwerfung entsprechenden, Tiefenunterschied $\sigma_1' - \sigma_1$ ist*.

* $\sigma_1 = f(z)$, $\sigma_1' = f(z + a)$, wo „z“ die Tiefe von der Oberfläche und „a“ die Sprunghöhe der Verwerfung ist und $f(z + a) > f(z)$.

Das Maximum der mit Strichlinie gezeichneten Gradientenkurve ist im Vergleich zu dem Maximum der mit voller Linie gezeichneten Gradientenkurve verschoben. Im allgemeinen: je kleiner der Neigungswinkel der Verwerfungsfläche in den Sedimenttäggesteinen ist (im Falle vertikalem Verwerfungsfläche ist keine Verschiebung vorhanden) und je mächtiger die Sedimenttäggesteine sind, desto grösser ist die Verschiebung. Im Falle einer normalen Verwerfung ist die Verschiebung in der Richtung der liegenden Scholle, im Falle einer widersinnigen Verwerfung ist es in der entgegengesetzten Richtung (in der Richtung der hangenden Scholle).

In Gebieten, wo Sedimenttäggesteine von grosser Zusammenrückbarkeit in mächtigen Schichten vorkommen, muss man bei

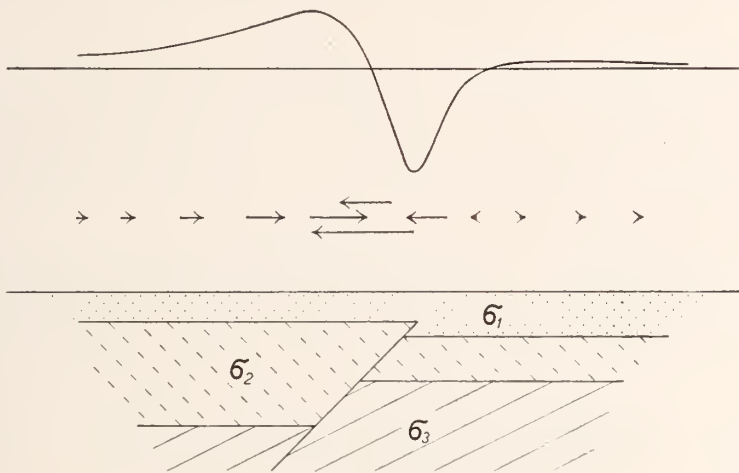


Fig. 2. ábra.

der Interpretation der mit der Drehwaage gemessenen Anomalien von Verwerfungen sehr vorsichtig sein, um einerseits die Sprunghöhe der Verwerfungen nicht zu überschätzen, andererseits um den Ort der Verwerfung richtig zu bestimmen.

11. Gravitationswirkung von Verwerfungen mit abwechselnder Bewegungsrichtung.

Wie bekannt, sind manche Verwerfungen nicht in beständiger Ruhe, sondern es erneuert sich ihre tektonische Tätigkeit von Zeit zu Zeit. Die neue Verrückung kann sich in derselben Richtung wie die erste Bewegung, oder auch in entgegengesetzter Richtung ereignen. Im letzten Falle kann es vorkommen, dass während einer Ruheperiode zwischen zwei Bewegungen mächtige Schichten von

Sedimentärgesteinen über die Verwerfung ablagern. Bewegt sich jetzt in der zweiten Tätigkeitsperiode die liegende Scholle der ursprünglichen Verwerfung aufwärts, so entsteht in den neuabgelagerten Schichten eine zu der Ursprünglichen entgegengesetzte Verwerfung. Liegt z. B. die liegende Scholle der ursprünglichen Verwerfung östlich von der Verwerfungsfläche, so wird die liegende Scholle der Verwerfung in den jüngeren Schichten westlich von der Verwerfungsfläche liegen. Ist die zweite Bewegung kleiner als die erste war, da finden wir übereinander zwei entgegengesetzte Verwerfungen. (S. Abb. 2.) Mit anderen Worten, falls die erste Verwerfung eine normale ist, so wird die zweite widersinnige sein und umgekehrt.

Die auf Abbildung 2 dargestellte Verwerfung kann folgenderweise entstehen:

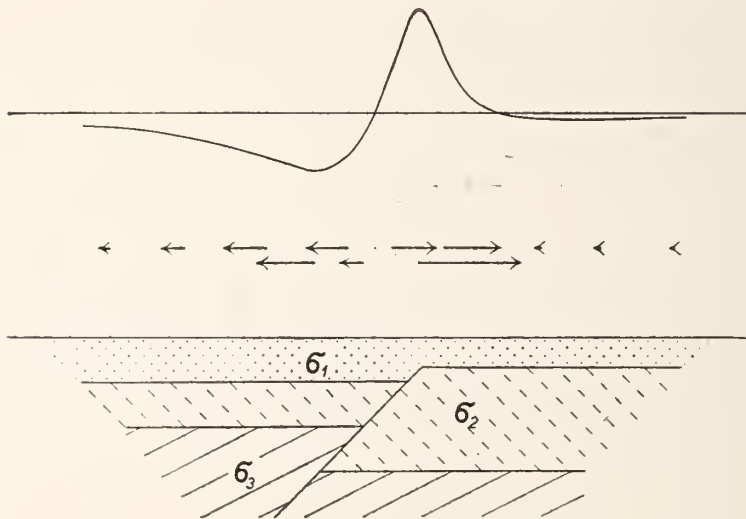


Fig. 3. ábra.

- a) Erste tektonische Tätigkeit: Eine gewöhnliche Verwerfung entsteht im Grundgebirge.
- b) Ruheperiode: währenddessen mächtige, verhältnismässig dichte Sedimente (z. B. Mergel) das Grundgebirge bedecken.
- c) Zweite tektonische Tätigkeit: Die liegende Scholle der im Grundgebirge entstandenen Verwerfung erhebt sich etwas, wodurch sich eine widersinnige Verwerfung in den Sedimenten bildet.
- d) Ruheperiode, in welcher Sedimente mit verhältnismässig geringerer Dichte (z. B. Sand) bedecken die ältere Formationen und den, durch die Verwerfung verursachten Höhenunterschied ausgleichen.

Die auf Abbildung 2. dargestellte Gradientenpfeile und Gradientenkurve repräsentieren die Gravitationswirkung der oben umschriebenen, zusammengesetzten Verwerfung. Es ist merkwürdig, dass die Gravitationswirkung dieser Verwerfung ein Gravitationsmaximum ist, das, wie bekannt, im allgemeinen das Kennzeichen von Antiklinalen ist.

Wenn nun die ursprüngliche Verwerfung eine widersinnige ist, so entsteht in den Sedimenten infolge der zweiten tektonischen Bewegung eine gewöhnliche Verwerfung (S. Abb. 3.) und die Gravitationswirkung der zusammengesetzten Verwerfung wird ein Minimum sein, das im allgemeinen eine Synklinale kennzeichnet.

Es kann daher die Frage gestellt werden: wie ist es möglich, auf Grund von Drehwaagemessungen, solche Verwerfungen von Antiklinalen und Synklinalen zu unterscheiden? Auf Grund von Drehwaagemessungen allein kann solche Unterscheidung nicht festgestellt werden. Da muss man eine andere geophysikalische Methode (z. B. reflexions-seismische Methode) anwenden, die aller Wahrscheinlichkeit nach, die erwünschte Antwort erteilen kann. Andererseits, in der Regel, erneuern sich die abwechselnden tektonischen Bewegungen von Zeit zu Zeit, folglich ist es wahrscheinlich, dass solche Verwerfungen mit Oberflächengeologie, oder mit seichten Bohrungen nachweisbar sind. Auf Grund solcher, an der Oberfläche ausgeführten Untersuchungen — vornehmlich wenn man einige Angaben über die Neigung der Verwerfungsfläche bekommen könnte — kann die Gravitationsanomalie schon richtig interpretiert werden.

III. Eine verhältnismässig dicke Schicht von geringerer Dichte zwischen Schichten mit grösserer Dichte.

Wie es von Drehwaagemessungen über Salzdomen ohne Felskappe bekannt ist, ergeben Massen mit geringerer Dichte, die zwischen dichteren Schichten eingebettet sind, wenn sie erhoben oder aufgewölbt sind, ein Gravitationsminimum. Das Gravitationsbild eines, mit dicker Kappe bedeckten, in der Nähe der Oberfläche liegenden Salzdomes ist ein mehr oder weniger kreisförmiges Maximum, das in der Mitte eines umfangreicheren Minimum liegt. Aus dem Gesichtspunkte der Schweremessungen bilden die in neuerer Zeit in Ukraine (Russland) gefundenen Salzdomen einen neuen Typus. Diese sind mit einem, einige hunderte Meter dicken Brecciamantel umgeben, dessen Durchschnittsdichte ziemlich hoch ist. Die Schwereanomalie dieser Salzdomen ist ein kreisförmiges Minimum mit einem ringförmigen Maximum in seiner Mitte. Die Schwereanomalien von Salzdomen sind in der Literatur schon eingehend behandelt, folglich werden wir uns mit diesen hier nicht beschäftigen. Ausser Salz gibt es auch andere Gesteine, deren

Dichte kleiner als die Dichte der umliegenden Gesteine ist. So z. B. Steinkohle, manche vulkanische Tuffe, und auch der in Kalifornien in mächtigen Schichten vorkommende Diatomeenschiefer (Ober Miozän) usw.

1. Antiklinale und Synklinale.

Wenn eine Schicht mit geringerer Dichte, die zwischen Schichten mit grösserer Dichte eingebettet ist, eine Antiklinale bildet, wird die Gravitationswirkung dieser Antiklinale ein Minimum sein. Eine Synklinale von denselben Schichten wird ein Maximum hervorrufen.

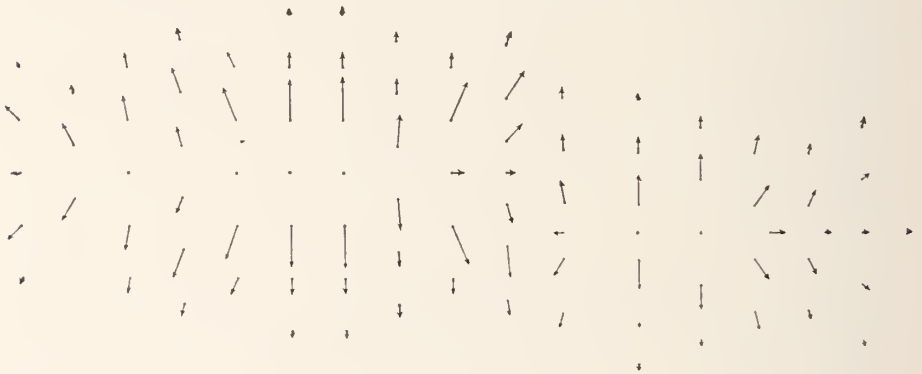


Fig. 4. ábra.

Abbildung 4 zeigt eine stilisierte Gradientenkarte, die auf Grund von Drehwaagemessungen über Aufwölbungen von mächtigen Diatomeenschieferschichten konstruiert ist. Die auf Abbildung 4 dargestellten Gravitationsminima entsprechen Antiklinalen.

2. Verwerfungen.

Abbildung 5. zeigt eine Verwerfung durch zwei geologischen Schichten. Falls die Dichte der tiefer liegenden Schicht (σ_2) kleiner ist, als die Dichte der darüberliegenden Schicht, so wird die gerechnete Gravitationswirkung Gradienten ergeben, die nach der liegenden Scholle gerichtet sind. In diesem Falle ist die Gravitationswirkung der Verwerfung gerade entgegengesetzt zu der Wirkung einer Verwerfung mit normaler Dichteverteilung. Die liegende Scholle einer solchen Verwerfung würde ohne der Kenntnis der Dichteverteilung an der unrichtigen Seite bezeichnet werden.

Ist in derselben Verwerfung die obere Schicht nicht homogen, sondern nimmt ihre Dichte mit der Tiefe zu, so wird die Gravita-

tionswirkung ein Minimum sein. Nämlich zufolge des Dichtenunterschiedes ($\sigma_2 - \sigma_1$) längs jenes Abschnittes der Verwerfungsfläche, der die zwei Schichten voneinander trennt, entstehen über diesen Abschnitt Gradienten, die nach der liegenden Scholle gerichtet sind, anderseits der Dichtenunterschied ($\sigma_1' - \sigma_1$) längs des Ab-

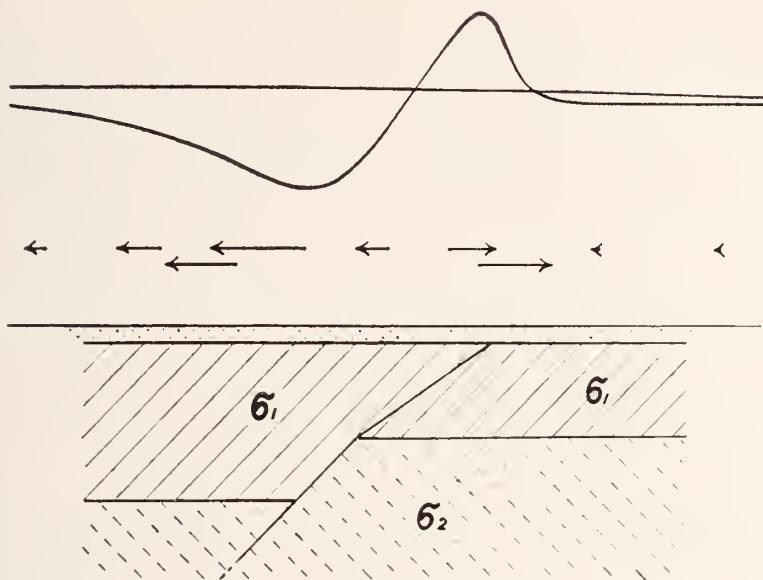


Fig. 5. ábra.

schnittes, der die linken und rechten Seiten der oberen Schicht trennt, verursacht Gradienten die nach der hangenden Scholle zeigen. Vorausgesetzt, dass die Verwerfungsfläche nicht vertikal ist, so wird die Addition der zwei Wirkungen ein Minimum ergeben.

Untersuchen wir eine widersinnige Verwerfung unter denselben Verhältnissen, so finden wir, dass die Gravitationswirkung einer solchen Verwerfung ein Maximum ist.

Schlussfolgerungen.

Es kann die Tatsache nicht ausdrücklich genug betont werden, dass einer einzigen Gravitationsanomalie mehrere verschiedene geologischen Strukturen entsprechen können. So z. B. die Gravitationswirkung von Antiklinalen mit verschiedener Gestalt und in verschiedenen Tiefen gelegt (wie das D. C. Barton bereits nachgewiesen hat.) kann praktisch identisch sein. Es kann, wie das oben gezeigt war, ein Gravitationsmaximum nicht nur eine Antiklinale, sondern — in besonderen Fällen — eine Verwerfung, oder sogar

auch eine Synklinale bedeuten. Und wieder zahlreiche Verwerfungen und Synklinalen können demselben Gravitationsmaximum entsprechen. Schliesslich kann ein Gravitationsmaximum durch einen Dichtezuwachs ohne irgendeiner Struktur bewirkt sein. Folglich kann man auf Grund von Drehwaagemessungen allein nicht behaupten, dass eine Schwereanomalie die Wirkung dieser oder jener geologischen Struktur ist. Wie es gezeigt war, kann ohne Kenntniss der Dichteverteilung nicht einmal der Typus der Struktur mit Sicherheit festgestellt werden und es ist auch das möglich, dass gar keine Struktur einer Gravitationsanomalie entspricht. Man kann hinzufügen, dass im Falle gewisser ungünstiger Dichteverteilung wichtige Strukturen ohne bemerkbare Gravitationswirkung vorhanden sein können. Glücklicherweise sind solche Fälle verhältnismässig selten, und eine Interpretation auf Grund der normalen Dichteverteilung gibt meistens zufriedenstellende Ergebnisse. In manchen Fällen macht selbst die Schwereanomalie den Interpret darauf aufmerksam, dass die Dichteverteilung eine aussergewöhnliche ist. Ein Beispiel dafür ist das in Abb. 4 gezeigte Gravitationsminimum. Wollten wir diese Schwereanomalie nach der normalen Dichteverteilung interpretieren, so sollten wir zwei, gegeneinander verschobenen Mulden annehmen, die durch eine relativ schmale Wand getrennt sind. Das Vorhandensein einer solcher Struktur ist jedoch unwahrscheinlich. Nehmen wir aber an, dass die Dichte der tiefer liegenden Schichten geringer ist als die Dichte der höher liegenden Schichten, so wird die Interpretation zu zwei „en échelon“ liegenden Falten (Antiklinalen) führen, die mit einer relativen Depression getrennt sind. Diese Erklärung ist schon eine geologisch annehmbare, wahrscheinliche Annahme.³

Wie die oben angeführten Beispiele zeigen, sind Überraschungen bei, in geologisch unbekanntem Gebieten durchgeführten Forschungen immer möglich und es ist deshalb wichtig in solchen Fällen jede zugängliche geologische Angabe anzuschaffen und dieselbe bei der Interpretation der Resultaten von Drehwaagemessungen in jedem einzelnen Falle sorgfältig zu erwägen. Falls das Anschaffen von geologischen Angaben gar nicht oder nur in beschränktem Masse möglich ist, so ist es ratsam neben Drehwaagemessungen für einige der Schwereanomalien auch seismische Messungen durchzuführen.

Interpretationen der Resultate von Drehwaagemessungen, die ohne Berücksichtigung von geologischen Angaben, und ohne Rücksicht auf geologischen Umständen durchgeführt waren, (die man „geometrische“ Interpretationen nennen könnte) hatten in vielen Fällen gerechte Kritik ausgelöst und waren Ursachen zahlreicher Streitigkeiten, die sich auf das Zusammenwirken und auf die Arbeitsteilung von Geologen und Geophysiker bezogen haben. Diese Fragen, die bereits eine ganze Literatur haben, führen schliess-

lich zu den Problemen der Geologen- und Geophysikerbildung und überschreiten die Rahmen dieser Arbeit. Ich möchte mich mit diesen Fragen bei einer anderen Gelegenheit beschäftigen.

IRODALOM. — LITERATUR.

1. L. F. Athy: Density, porosity, and compaction of sedimentary rocks. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists January, 1930.
2. A. Belluigi: Particolari Aspetti Gravimetrici Di Alcuni Nuclei Subpadani. Gerlands Ergänzungshefte für Angewandte Geophysik. 1932. Band 2.
3. S. Discussion by O. L. Brace of Blau's paper „Interpretation of Geophysical Data“. The Oil Weekly. Apr. 26. 1937.

ADATOK PILISMARÓT KÖRNYÉKÉNEK KÖZETTANI ISMERETÉHEZ.

(1 geológiai térképpel és 1 mikrofotográfiai táblával.)

Irta: *Dr. Szűcs Mária.*

DATEN ZUR KENNTNIS DER ERUPTIVEN GESTEINE DER UMGEBUNG VON PILISMARÓT (UNGARN).

Von *Mária Szűcs.*

Es wurde ein etwa 12 km² grosses Gebiet von dem W Rande des Dunazug-Gebirges vom geologischen und petrographischen Gesichtspunkte aus untersucht. Die mitgeteilten geologischen Daten waren grösstenteils unbekannt. Eruptive Gesteine sind nur südlich und südwestlich von der Gemeinde Pilismarót und im Malompatak-Tal in grösseren Massen zum Vorschein gekommen. An der Oberfläche spielt der Löss und der Nyirok* eine wichtige Rolle.

Die effusiven Gesteine behandelt sie in 3 Gruppen geteilt: 1. Hypersthenführender Amphibolaugitandesit und 3. Agglomeratische Pyroxenführender Amphibolandesittuffe.

In einigen Andesiten fand der Forscher Sandstein- und Amphiboliteinschlüsse. In den letzteren sind Hornblende, Biotit, Apatit Plagioklas, Mikroklin, xenomorpher Quarz, Titanit und Ilmenit bestimmt. Der Quarz ist höchstwahrscheinlich sekundär. Dieser Amphibolit-Einschluss stammt aus grösserer Tiefe, an den Rändern hat sich Epidot gebildet.

1. Hypersthenführender Augitandesit.
2. Pyroxenführender Agglomerattuff.
3. Hypersthenführender Hornblende-Augitandesit.
4. Hypersthenführender Hornblendeagglomerattuff.