

018

BERICHT AN DIE XVII. ALLGEMEINE KONFERENZ  
DER INTERNATIONALEN ERDMESSUNG

---

ÜBER  
**ARBEITEN MIT DER DREHWAGE**

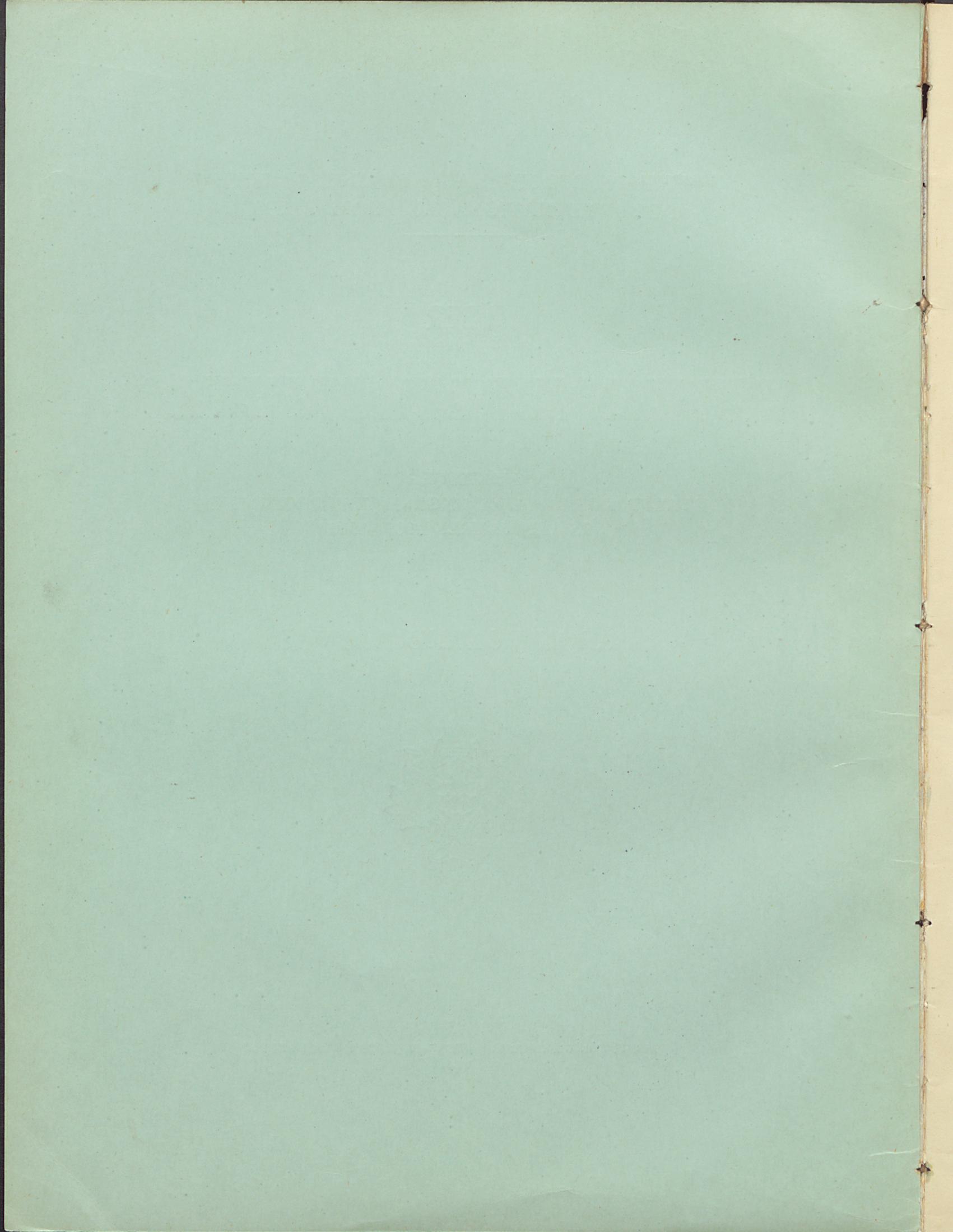
AUSGEFÜHRT  
IM AUFTRAGE DER KÖN. UNGARISCHEN REGIERUNG  
IN DEN JAHREN 1909—1911

VON

**BARON ROLAND EÖTVÖS**



BUDAPEST  
KAIS. U. KÖNIGL. HOFBUCHDRUCKEREI VIKTOR HORNYÁNSZKY  
1912.



BERICHT AN DIE XVII. ALLGEMEINE KONFERENZ  
DER INTERNATIONALEN ERDMESSUNG

---

ÜBER  
**ARBEITEN MIT DER DREHWAGE**

AUSGEFÜHRT  
IM AUFTRAGE DER KÖN. UNGARISCHEN REGIERUNG  
IN DEN JAHREN 1909—1911

VON

**BARON ROLAND EÖTVÖS**



BUDAPEST  
KAIS. U. KÖNIGL. HOFBUCHDRUCKEREI VIKTOR HORNYÁNSZKY  
1912.

## 1. Übersicht der Arbeiten.

Die hochherzige Unterstützung, die mir von der kön. ungarischen Regierung auch in dem zuletzt abgelaufenen Triennium gewährt wurde, ermöglichte eine intensive Fortsetzung des mit Hilfe der Drehwage begonnenen Werkes. Auch war ich so glücklich, mich, wie schon früher, auf die selbstlos hingebende Hilfe bewährter Mitarbeiter, der Herren Dr. *D. Pekár* und *E. Fekete*, sowie des Herrn *K. Ottay* verlassen zu können, zu denen sich in den Jahren 1909 und 1910 noch Herr *A. Garcsár* und im Jahre 1910 und 1911 Herr *St. Rybár* gesellten. Einigermassen hinderlich war die provisorische Natur des ganzen Unternehmens, die es auch mir selbst nicht ermöglichte, mit ungeteilter Kraft seinen Fortschritt zu fördern. Trotzdem wurde ein tüchtiges Stück Arbeit geleistet.

Im Jahre 1909 haben wir unsere Beobachtungen an 87 Stationen ausgeführt, die längs einer Strecke von ungefähr 160 Kilometern zwischen Szeged—Szabadka—Baja—Zombor verteilt waren.

Die heimatliche Ebene verlassend, bezogen wir dann im Juli des folgenden Jahres 1910 das mehr als 1500 Meter über dem Meere gelegene Hochtal Cimabanche (Im Gemärk) in Südtirol, welches zwischen der Croda Rossa und den Ausläufern des Monte Cristallo gelegen, eine Wasserscheide zwischen dem Adriatischen und dem Schwarzen Meere bildet.

Abgesehen von der günstigen Lage dieses Ortes für magnetische Beobachtungen eigener Art, die den Hauptzweck dieses Unternehmens bildeten, veranlasste uns zu seiner Wahl auch der Reiz der Beobachtung ungewöhnlich grosser Schwerestörungen, wie sie dort vorauszusehen waren. Beobachtet wurde an 40 Stationen.

Im Herbst desselben Jahres kehrten wir in die Heimat zurück und konnten noch eine detaillierte Aufnahme des am Zusammenflusse von Theiss und Donau gelegenen Titeler Plateaus und seiner Umgebung mit 76 Stationen ausführen.

Das katastrophale Erdbeben vom 8. Juli 1911 in *Kecskemét* wurde bestimmend für unser Arbeitsprogramm des Jahres 1911. Durch die trockene Witterung dieses Jahres begünstigt, konnten die die Beobachtungen ausführenden Herren in diesem Jahre von Anfang August bis Mitte Dezember ununterbrochen im Felde bleiben. Sie brachten auch ein

reiches Beobachtungsmaterial nach Hause, das nicht weniger als 131 Stationen umfasst, die bei Szeged den Anschluss an schon durchforschte Gebiete herstellend, sich dann in der Umgebung von *Kecskemét* netzweise ausbreiten.

Auch über den Fortschritt der unsere Beobachtungen ergänzenden Pendelbeobachtungen kann ich einiges berichten. Herr *K. Oltay* bestimmte im Jahre 1911 mit dem Vierpendelapparate die Schwerebeschleunigung in *Kecskemét* und in sechs Stationen Siebenbürgens, dessen Durchforschung wir uns zur nächsten Aufgabe stellten.

Die Beobachtungen mit der Drehwage wurden während des ganzen Trienniums stets mit zwei Instrumenten ausgeführt, die an jeder Station in Entfernungen von 10 bis 50 Metern voneinander aufgestellt waren. So konnten wir ein Mass der lokalen Einflüsse gewinnen und der Zuverlässigkeit unserer Resultate mehr Gewicht verleihen.

Wie in früheren Jahren, so bestimmten wir auch diesmal an jeder Station auch die drei Elemente der erdmagnetischen Kraft.

Die rechnerische Bearbeitung all dieser Beobachtungen erforderte ein hartes Stück Arbeit und umfasst in ihrer vollen Zusammenstellung ein Material, das im engen Rahmen dieses Berichtes keinen Platz finden kann und besonderen Publikationen vorenthalten bleibt.

---

## 2. Allgemeine Bemerkungen über den Zweck detaillierter Untersuchungen der Schwerestörungen.

Das hauptsächlichste Interesse, das eine bis in kleine Einzelheiten gehende Erkenntnis der Schwerestörungen erregen mag, entspringt zweifellos dem Wunsche nach Aufklärungen über die Massenverteilung in der Erdkruste.

Wohl lässt die Kenntnis des Schwerekraftfeldes für sich allein noch keinen derartigen Schluss zu, doch tritt die Möglichkeit solcher Schlussfolgerung dann ein, wenn die Art der Massenbegrenzung im allgemeinen bekannt ist, oder wenn diesbezüglich berechnete Annahmen den Folgerungen zugrunde gelegt werden können. Tiefebene, wie das ungarische Alföld, eignen sich besonders zu derartigen Betrachtungen.

Es breitet sich da ein von Bergen umkränzt Becken vor unseren Augen aus, dessen feste Gesteine sich an den Rändern in die Tiefe versenken, um sich dort dem unsichtbaren festen Boden anzuschmiegen. Dieses von festen und entsprechend dichten Gesteinen gebildete Becken ist mit lockeren Massen von geringerer Dichte, wie Sand, Lehm und Kies, bis zur Höhe der ebenen Oberfläche ausgefüllt.

Nehmen wir nun an, dass die mittlere Dichte der festen Gesteine 2,6, die der das Becken füllenden lockeren Massen dagegen 2,0 sei, so erhalten wir für die sprungweise Änderung der Dichte an ihrer Grenzfläche den Wert 0,6. Auch die Dichten der im festen Grunde nebeneinander und übereinander gelagerten Gesteine sind verschieden, doch sind die Dichtedifferenzen an ihren Grenzflächen im allgemeinen kleiner, selten grösser als 0,1 bis 0,2.

Da sich nun die Gradienten der Schwerkraft durch Integrale darstellen lassen, die über die Grenzflächen je zweier heterogener Massen ausgedehnt, mit ihrer Dichtedifferenz proportional sind, so ist es klar, dass die Gradientenwerte überwiegend von der Konfiguration der festen Bodenfläche abhängig sein müssen, da diese nicht nur dem Beobachtungsorte am nächsten liegt, sondern sich auch durch einen grösseren Wert der Dichtedifferenz auszeichnet. Das gleiche können wir bezüglich jener durch die Drehwage erkennbaren Grössen behaupten, die von der Krümmung der Niveauläche abhängen.

Wollen wir in erster Annäherung annehmen, dass die beobachteten Störungen einzig und allein von der Form dieser Bodenfläche abhängen, dann gelangen wir zu einer sehr einfachen bildlichen Darstellung der Massenverteilung. Die auf Grundlage der Störungsgradienten berechneten und gezeichneten Linien gleicher Schwerestörung erhalten dann die Bedeutung von Isohypsen des festen Grundbodens, deren Abstand  $\Delta h$  nach der Näherungsformel:

$$\Delta g = 2\pi \cdot G (s' - s) \Delta h$$

leicht zu berechnen ist.

In unserem Falle, in dem wir die Dichtedistanz:  $s' - s = 0,6$ , die Gravitationskonstante:  $G = 66 \cdot 10^{-9}$  zu setzen haben, entspricht dann einer Schweredifferenz von  $\Delta g = 0,001 C$ . G. S. eine Höhendistanz von  $\Delta h = 4019 c.$ , also rund 40 Metern.

So verlockend durch ihre Einfachheit eine derartige Deutung der Beobachtungsergebnisse wäre, dürfen wir uns doch nicht verleiten lassen, der ihr zugrunde liegenden Annahme eine unbedingte Gültigkeit beizulegen. Wir müssen vielmehr bedenken, dass in der Tiefe des Beckens auch Flussablagerungen, Mergelschichten, tuffartige Gebilde, Salz- und Kohlenlager usw. vorhanden sein können, Massen, deren Dichte wohl kleiner als 2,6, doch grösser als 2,0 ist. In aller Strenge dürfen wir deshalb die Schar der Linien gleicher Störung doch nur als ein Bild betrachten, welches uns nicht mehr als das Vorhandensein von Massenanhäufungen und Massendefekten erkennen lässt.

Zur näheren Erkenntnis mögen Betrachtungen geologischer Natur herangezogen werden. Aber auch dem Physiker steht zu solcher Forschung ein mächtiges Hilfsmittel zu Gebote in Beobachtungen der erdmagnetischen Kraft, die, in entsprechender Weise ausgeführt, manchen wichtigen Aufschluss über das Vorhandensein und die Lagerung magnetisch wirkender Gesteine (Eruptivgesteine) eröffnen können. Zu solchem Resultate führen aber nur Beobachtungen, die, in einem gehörig dichten Netze verteilt, die Einzelheiten des Verlaufs der Störungen zu erkennen gestatten.

Die Daten einer magnetischen Landesaufnahme mit der heute noch üblichen mittleren Entfernung ihrer Stationen von dreissig, fünfzig oder noch mehr Kilometern für unsere Zwecke benützen zu wollen, wäre ebenso verfehlt, wie es unsinnig wäre, das Relief eines Landes auf Grundlage von wenigen Höhenpunkten darstellen zu wollen, die in so grossen Entfernungen voneinander abstünden und überdies noch ohne System über das Land verteilt wären.

Unsere eigenen magnetischen Beobachtungen hielten stets gleichen Schritt mit der Drehwage, sie beziehen sich also auf eine grosse Zahl netzförmig verteilter Stationen, deren mittlere Entfernung je nach den Eigenheiten der durchforschten Gegend verschieden, aber nie grösser als vier Kilometer war. Obendrein haben wir noch, wo es wünschenswert schien, zwischen zwei benachbarte Hauptstationen rein magnetische Zwischenstationen eingefügt.

Natürlich kann bei so kurzen Schritten auch der Fortschritt nur ein langsamer sein. Die stattliche Zahl von 726 Hauptstationen, an denen wir unsere Beobachtungen

seit dem Jahre 1902 erledigten, bildet kaum den zehnten Teil der zu einer gründlichen Erforschung des Alföld erforderlichen.

Die bisher erforschten Bruchteile des ganzen Gebietes geben uns aber schon manche Andeutung über Art und Wesen der in der Tiefe verborgenen Gebilde. So glaube ich, ohne voreilig zu sein, auf einen Unterschied hinweisen zu können, der zwischen diesen und den zutage tretenden Massenanhäufungen zu bestehen scheint. Während uns nämlich an der freien Oberfläche hauptsächlich in Reihen gegliederte, vielfach zerklüftete Gebirgszüge in die Augen fallen, ermöglicht uns die Drehwage in der Tiefe Massenanhäufungen von mehr abgerundeter Form zu erkennen, die sich mit sanft ansteigenden und fallenden Böschungen weit ausbreiten. Es sind Formen, wie sie am Meeresgrunde vorkommen, die auch eine gewisse Ähnlichkeit mit den tiefer liegenden Gebilden der Mondoberfläche zeigen. Vielleicht treten uns hier die Urformen der Erdkruste entgegen, die, von den störenden Einflüssen von Wasser und Luft geschützt, während des Wechsels geologischer Epochen unverändert erhalten blieben. Gewiss gewinnt unsere Aufgabe in dieser Auffassung viel an Interesse, sie wird ähnlich der des Archäologen, der aus der Tiefe schützender Sandschichten wohlerhaltene Merkmale alter Kulturwerke zutage fördert.

---

### 3. Das Erdbebengebiet von Kecskemét.

Ich möchte hier an einem Beispiele zeigen, was durch Untersuchungen oben besprochener Art zu erreichen ist. Hierzu wählte ich die von uns eingehender durchforschte Umgebung von *Kecskemét*.

Diese Stadt liegt in dem zwischen Donau und Theiss etwas erhöhtem Teile der grossen ungarischen Ebene (Alföld) auf meist sandigem, hügeligem Boden. Obst- und Weingärten umgeben sie, vereinzelt stehende Gehöfte bedecken ihr sich weit ausbreitendes Areal. Diese meist von Landwirten bewohnte Stadt, die im Auslande höchstens durch ihren bedeutenden Obstexport bekannt sein mag, lenkte am 8. Juli 1911 die Aufmerksamkeit der ganzen gebildeten Welt durch ein mächtiges Erdbeben auf sich, welches die seismischen Apparate Mitteleuropas (so auch die hier in Hamburg aufgestellten) in Bewegung setzte, an Ort und Stelle aber wahrhaft katastrophale Wirkungen verursachte. Schornsteine und Mauern stürzten ein oder bekamen starke Risse, Dachfirste, Gesimse wurden verschoben, Grabsteine von ihrer Stelle gerückt, ja in der ganzen Stadt blieb kaum ein Haus unbeschädigt. An Menschenleben geschah merkwürdigerweise kein Schaden, obwohl die Katastrophe zur Nachtzeit erfolgte. Dieser glückliche Umstand ist allein den dem Hauptstosse vorangehenden Erschütterungen zu verdanken.

Herr *A. Réthly*, der die Daten dieses Bebens in den Mitteilungen der Ungarischen Geographischen Gesellschaft (Földrajzi Közlemények XXXIX. S. 391—420) sorgfältig zusammengestellt hat, schätzt ihre Stärke auf 9—10 Grade der 12gradigen Skala.

Aus dieser wertvollen Zusammenstellung erfahren wir auch, dass dem mächtigen Hauptstosse ein langanhaltendes Dröhnen von mehreren Sekunden vorausging und dass auch die folgenden Nachstösse von einem ähnlichen Schallphänomen begleitet waren.

Auch an dem Wasserstande mehrerer Brunnen zeigte sich eine merkliche Veränderung, in einigen eine Erhebung von nahezu einem Meter. Östlich von der Stadt entstand sogar in sandigem Boden ein den Schlammvulkanen ähnliches Gebilde, indem das dort etwa fünf Meter tief liegende Grundwasser durch feine Risse emporsteigend,

oben eine rundliche Öffnung bildete und in dieser bedeutende Massen von Grundschlamm zutage brachte. Herr *A. Réthly* verlegt das Epizentrum des Bebens an den Ort dieses „Schlammvulkanes“ mit den Koordinaten:

$$\begin{aligned}\varphi &= 46^{\circ} 55' 40'' \\ \lambda &= 19^{\circ} 38' 29'' \text{ Ö. v. Gr.} \\ \text{Höhe} &= 130 \text{ m.}\end{aligned}$$

In der beigegeführten Karte ist dieser Punkt mit *C* bezeichnet.

Der mächtige Erdstoss, von dem ich bisher berichtete, war nicht der erste und letzte, der die Bewohner Kecskeméts erschreckte. Schon im Jahre 1908 wurde am 7. März ein schwächeres Beben verspürt, dann am 24. Mai ein stärkeres ( $7^{\circ}$ ), dem am 28. Mai ein noch bedeutenderes ( $8^{\circ}$ — $9^{\circ}$ ) folgte, das sich dann in einem lange anhaltenden Schwarm von Nachstößen fortsetzte.

Auch der Stoss vom 8. Juli 1911 war kein vereinzelter. Nach den Angaben des Herrn *A. Réthly* konnte vielmehr der Boden im Stadtgebiete vom 1. Juni bis zum 23. September nicht recht zur Ruhe kommen, in welcher Zeit nicht weniger als fünfzig einzelne Stöße gezählt werden konnten.

Mit vollem Rechte können wir also Kecskemét als den Ort eines Erdbebenherdes bezeichnen, an dem fortdauernd wirkende Ursachen von Zeit zu Zeit heftige Bewegungen auslösen. Diesen Herd zu erforschen, stellten wir uns zur Aufgabe.

Von dem Bereiche älterer Beobachtungen bei Szeged nach Norden abzweigend untersuchten wir zu diesem Zwecke vor allem die von dort nach Kecskemét führende Strecke. Charakteristisch für den hier durchquerten Teil der Ebene sind die geringen Werte der Störungsgradienten, die im allgemeinen nach Süden gerichtet, einen sanft geneigten Abfall des dichten Felsengrundes von Szeged bis in die Nähe von Kecskemét vermuten lassen. In einer Entfernung von 15—20 Kilometern im Süden von Kecskemét beginnt aber das unterirdische Terrain schon mannigfaltiger zu werden. Von dort ab haben wir denn auch unsere Beobachtungen in ein sich nach beiden Richtungen der Ebene ausbreitendes Netz ausgedehnt. Die Stationen wurden in die Eckpunkte nahezu gleichzeitiger Dreiecke verlegt, deren Seitenlänge ungefähr 4 Kilometer beträgt.

Beobachtungen und Berechnungen haben wir in gewohnter, schon in früheren Berichten angegebener Weise ausgeführt.

Zur Veranschaulichung der uns hier am meisten interessierenden Resultate dient die beigegeführte Karte.

Mit der Bezeichnung „Gradienten der Schwerestörung“ sind da jene Grössen eingetragen, die ich in früheren Berichten der strengeren Unterscheidung wegen auch „subterrane Störungswerte der Gradienten“ nannte.

Diesen Gradienten entsprechend, habe ich die Werte der Schwerestörung ( $g_0 - \gamma_0$ ) mit Hilfe einer Ausgleichung berechnet, wobei der für Kecskemét durch Pendelbeobachtungen gewonnene Wert:

$$g_0 - \gamma_0 = + 0,025 \text{ C. G. S.}$$

zugrunde liegt. Die Linien gleicher Schwerestörung sind in unserer Karte eingetragen.

Auch die Störungen der erdmagnetischen Kraft sind dort veranschaulicht, jedoch in einer eigentümlichen Weise, die von der üblichen sehr verschieden ist.

Die Störungen im untersuchten Gebiete sind nämlich überaus klein, sie sind nirgends grösser als etwa der dreihundertste Teil des Wertes der ganzen magnetischen Kraft, so dass sie sich hauptsächlich nur durch die räumliche Änderung ihrer Grösse und Richtung erkennen lassen.

Die Abweichung der beobachteten Werte der Intensitätskomponenten von so unzureichend definierten Werten, wie es die sogenannten Normalwerte sind, kann in Fällen, wie der unsere, zur Feststellung des Ortes und der Grösse magnetischer Störungen kaum mehr zu Rate gezogen werden. Mit voller Zuversicht können wir uns aber zu diesem Zwecke der Gradienten der Intensität bedienen, die selbst in unserem wenig gestörten Gebiete grosse Werte annehmen, die nicht selten das Zehnfache ihres normalen Wertes und auch mehr erreichen.

Aus Gründen, deren Erörterung schon ihrem Gegenstande nach nicht hierher gehört, wählte ich zur Charakterisierung der magnetischen Anomalie eine durch die Gradienten bestimmte Grösse:  $A$ , deren Bedeutung bezüglich magnetischer Kräfte dieselbe ist, wie die der Grösse  $R$  bezüglich der Schwerekräfte. Zur Feststellung dieser Grösse bezeichnen wir in einem Punkte:  $x, y$  die Nordkomponente der erdmagnetischen Kraft mit  $X$ , ihre Ostkomponente mit  $Y$ , und bilden die Differentialquotienten:

$$\frac{\partial X}{\partial x}, \quad \frac{\partial Y}{\partial y} \quad \text{und} \quad \frac{\partial X}{\partial y} = \frac{\partial Y}{\partial x}$$

Ziehen wir von diesen Werten ihre entsprechenden Normalwerte ab, so erhalten wir die Störungswerte:

$$\frac{\partial X'}{\partial x}, \quad \frac{\partial Y'}{\partial y} \quad \text{und} \quad \frac{\partial X'}{\partial y} = \frac{\partial Y'}{\partial x}$$

Wir setzen dann:

$$A = \sqrt{\left(\frac{\partial Y'}{\partial y} - \frac{\partial X'}{\partial x}\right)^2 + 4\left(\frac{\partial X'}{\partial y}\right)^2}$$

und bestimmen die Richtung dieser Anomalie durch den Winkel  $\lambda$ , den sie mit der  $X$ -Achse bildet, durch die Gleichung

$$\sin 2\lambda = \frac{2 \frac{\partial X'}{\partial y}}{A}$$

In unserer Karte sind Grössen und Richtungen dieser Anomalie in rotem Drucke dargestellt.

Diese Art der Darstellung, welche die Existenz und den Ort magnetischer Störungen unzweifelhaft erkennen lässt, bietet obendrein den grossen Vorteil, dass sie schon auf der Grundlage von Beobachtungen in einem kleineren Gebiete ausführbar ist, ohne dass es nötig wäre, die Vollendung einer weit ausgedehnten Landesaufnahme abwarten zu müssen. Die hier beigefügte Karte habe ich noch durch die Zeichnung einiger Isoseisten vervollständigt.

Hier sind drei Isoseisten ( $7^\circ$ ,  $8^\circ$ ,  $9^\circ$ ) des Bebens von 1911, nach Angabe des Herrn A. Réthly und je eine Isoseiste der zwei stärkeren Beben des Jahres 1908 eingetragen.

So zeigt uns schon ein flüchtiger Blick, in wie enger Beziehung Massenaufbau und Erdbeben zueinander stehen.

Den Westrand von *Kecskemét* berührend, sehen wir da ein abgerundetes Gebiet mit bedeutendem Massendefekt, umgeben von drei grösseren Massenstücken, deren verschiedene Qualität sich durch den verschiedenen Grad ihrer magnetischen Wirkungen kundgibt. Den vorangehenden Annahmen gemäss können wir uns diese Massenverteilung kaum anders vorstellen, als in der Form einer von Bergen bekränzten Mulde, die sich unter der das Ganze bedeckenden Sanddecke vertieft.

Im Osten steigt da ein Berg eruptiven Charakters mit weit ausgebreiteten Flanken bis zu einer Höhe von etwa 500 Metern empor, im Süden erstreckt sich ein mässig hoher länglicher Rücken ebenfalls aus eruptivem Material bestehend, im Nordwesten aber sind magnetisch unwirksame Gesteine zu einem Berge aufgebaut, der seine Nachbarn an Höhe überragt.

Form und auch Art der Gesteinsverteilung zeigen eine gewisse Ähnlichkeit mit den Gebilden der Insel Santorin, die ich aber heute nur eben anzudeuten wage.

Als deutlich klargelegt erachte ich es aber, dass wir den Herd jener Veränderungen, die sich durch Erdbeben wiederholt kundgaben, in der zentralen Mulde zu suchen haben. Auch Herr A. Réthly verlegt das Epizentrum des Bebens von 1911 dorthin.

Gewiss ist es auffallend, dass wir den Herd der Erschütterungen nicht in die Mitte der Isoseisten, sondern an einen Ort südlich von ihr verlegen. Doch gibt uns eben die Verteilung der festen Gesteine hierfür eine einfache Erklärung. Die sich in diesen Gesteinen als elastische Schwingungen fortpflanzenden Erschütterungen müssen ja an jenen Orten der Oberfläche stärkere Wirkungen hervorrufen, wo sie ihr näher kommend, in den dort weniger dicken lockeren Schichten eine geringere Abschwächung erleiden.

Die Isoseisten folgen tatsächlich den in unserer Karte dargestellten Höhenzügen, am auffallendsten die des Jahres 1911, die auf Grundlage eines grösseren Beobachtungsmaterials auch mit grösserer Genauigkeit gezeichnet werden konnten.

Eine Frage, für den Seismologen von besonderem Interesse, ist die nach der Tiefe des Erschütterungsherd.

Herr A. Réthly versuchte diese mit Hülfe einer *Cananischen* Gleichung zu bestimmen. Für das Beben von 1911 konnte er aber infolge ausserordentlicher Grösse

der Restfehler zu keinem befriedigenden Resultate gelangen. Eine bessere Übereinstimmung der einzelnen Rechnungswerte erhielt er dagegen für das Erdbeben vom 24. Mai 1908. Sonach wäre die gesuchte Tiefe:  $h = 4$  Kilometer. Auf Grundlage meiner eigenen Beobachtungen kann ich leider nicht viel zur näheren Aufklärung dieser Frage beitragen.

Dürften wir annehmen, dass die Schwereänderungen von nichts anderem abhängen, als von der Gestaltung eines Felsengrundes von überall gleicher Dichte  $= 2,6$ , mit der darüber liegenden Sanddecke von der Dichte  $= 2,0$ , so liesse sich allerdings die Tiefe dieses Felsengrundes angeben. Da nämlich nach unseren Beobachtungen die Schwere in Kecskemét um etwa  $0,025$  C. G. S. geringer ist als bei Kúvin, Kovaszincz und Világos, wo die Grundfelsen zutage treten, so müsste der Felsengrund an erstem Orte um  $25.40 = 1000$  Meter unter der freien Oberfläche liegen.

Doch wird eine solche Annahme hinfällig, wenn wir bedenken, dass bei der etwa 150 Kilometer erreichenden Entfernung beider Orte ihre Schweredifferenz auch die Folge von Massen sein könnte, die in grosser Tiefe liegen. Auch ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Mulde bei Kecskemét bis in grössere Tiefen mit lockerem Materiale mittlerer Dichte ausgefüllt ist.

Um zu einer tiefer gehenden Einsicht dieser Verhältnisse zu gelangen, bedarf es noch vieler sich über das ganze Becken erstreckender Schweremessungen. Insbesondere könnte aber eine derartige Forschung durch Tiefbohrungen unterstützt werden, deren Ort nach Angaben der Drehwage auszustecken wäre.

Verfrüht wäre es auch, wenn ich mich heute schon über die Art und die Ursachen der im Kecskeméter Erdbebenherde entstehenden Erschütterungen entscheidend aussprechen wollte. Vorläufig möchte ich selbst die Möglichkeit von Vorgängen endogener Natur nicht ganz ausschliessen, doch halte ich es für um Vieles wahrscheinlicher, dass die Bewegungen im Herde nur solche sind, durch welche die Schwerkraft ihr Nivellierungswerk verrichtet. Zwei Vorgänge verschiedener Art sind da besonders ins Auge zu fassen. Erstens eine Hebung der in der Mulde und über ihr liegenden Massen durch den von unten nach oben wirkenden Überdruck, zweitens eine Senkung der freien Oberfläche infolge einer Verdichtung der unter ihr liegenden lockeren Massen.

Ob während des Bebens von Kecskemét eine Hebung oder eine Senkung an der Oberfläche stattgefunden, konnten wir nach den vorhandenen Merkmalen nicht entscheiden; so müssen wir denn auch die Frage nach den Ursachen der Erschütterung vorläufig unbeantwortet lassen. Um ihrer Lösung näher rücken zu können, wäre es wünschenswert, in diesem nunmehr näher bekannten Gebiete seismische Registrierapparate an entsprechend gewählten Orten aufzustellen und in Gang zu setzen. Andererseits ist aber eine mächtige Förderung der Seismologie auch von Schwereuntersuchungen mit Hülfe der Drehwage zu erwarten, die sich auf möglichst viele und mannigfaltige Erdbebengebiete erstrecken sollten.

Mit aufrichtiger Freude kann ich melden, dass derartige Arbeiten im Zuge sind. Auf Veranlassung des Herrn Professors v. *K. Gorjanovič-Kramberger* wird Herr Professor *A. Gavazzi* die Erforschung des hochinteressanten Gebietes von Zagreb noch in diesem

Jahre beginnen. Auch Herr Professor *E. Soler* in Padua steht mit den nötigen Instrumenten ausgerüstet zu ähnlicher Arbeit bereit. Sein Ziel ist das Gebiet nächst der Euganeischen Berge. Diesen beiden Unternehmungen kommen die gleichen Vorteile der Bodenbeschaffenheit zugute, wie meinen eigenen in der Umgebung von Kecskemét.

Hoffentlich werden wir auch bald erfahren, ob das von uns nach Japan gelieferte Instrument dort bei möglicherweise ungünstigeren Terrainverhältnissen doch mit gewünschtem Erfolg benutzt werden konnte.

---

#### 4. Beobachtungen im Hochtale bei Cimabanche.

Das Hochtal bei Cimabanche, das wir im Sommer 1910 bezogen, liegt zwischen den Ausläufern des Monte Cristallo (3199 m) und der Croda Rossa (3148 m), seine Richtung ist im allgemeinen eine westöstliche, im untersuchten Teile mit einem Winkel von etwa 60 Graden von Norden nach Osten abweichend. Der in einer Breite von etwa einem halben Kilometer lediglich ebene Teil der Talsohle, wo wir die Beobachtungen ausführten, liegt in einer mittleren Höhe von 1520 Metern ü. d. M.

Geröllmassen, oben auch feiner Geröllsand, Vegetation führender Humus, morastige Wiesen und auch ein kleiner See, der Lago bianco, bilden diese Talsohle. An ihren Seiten fallen die bewaldeten Berglehnen mit Neigungen von 20 bis 40 Graden und mit scharfen Rändern in fast horizontale Bodenteile ein.

In so grosser Nähe mächtiger Bergmassen waren ungemein grosse Gradientenwerte zu erwarten. Subterrane Störungen, von so grossen Störungen sichtbarer Massen, durch Beobachtung und Rechnung abzutrennen ward hier nicht mehr möglich. Wir beschränkten uns deshalb auf die Bestimmung der Lokalwerte, wie sie sich aus den Beobachtungen mit der Drehwage unmittelbar ergaben. Die ganze Untersuchung hatte sonach mehr den Charakter bestätigender Versuche, nicht aber den einer Forschung nach Unbekanntem. Beobachtungen an 40 Stationen dienten zu diesem Zwecke.

Wie es vorauszusehen war, fanden wir die Gradienten an beiden Rändern des Tales normal nach dessen Mittellinie gerichtet, mit nach dieser Mitte zu abnehmenden Werten. Der grösste beobachtete Wert, in einer Entfernung von etwa drei Metern vom Südrande war  $264.10^{-9}$  C. G. S.

Durch ihre Grösse noch auffallender werden diese Störungen, wenn wir uns einer Betrachtung der Niveaufläche und ihrer Krümmungsverhältnisse zuwenden.

Der sichtbaren Massenlagerung entsprechend ist zwar in der Längsrichtung des Tales keine bedeutende Abweichung der Krümmung von ihrem normalen Werte zu erwarten, doch muss sich eine solche von ausserordentlicher Grösse in der Querrichtung zu erkennen geben.

Die Beobachtungen zeigten nun, dass die Hauptkrümmungslinien im Tale, tatsächlich ihrer Längsrichtung parallel und normal verlaufen, und entsprachen auch bezüglich der Grösse der Krümmungsstörungen den Forderungen theoretischer Berechnung.

Zur näheren Erklärung dieser Verhältnisse müssen wir die Grösse:  $R$  zu Rate ziehen. Bezeichnen wir die Koordinaten eines Punktes längs und normal der Talrichtung mit  $l$  und  $t$ , die ebenso gerichteten Hauptkrümmungsradien mit  $\rho_l$  und  $\rho_t$ , so wird:

$$R = \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial l^2} = -g \left( \frac{1}{\rho_t} - \frac{1}{\rho_l} \right)$$

wo für  $g$  der Wert der Beschleunigung in der Breite von  $46^\circ 37'$  und einer Höhe von 1500 Metern zu setzen ist, also:

$$g = 980,3.$$

Der grösste Wert von  $R$ , den wir am Südrande des Tales, dicht am Lago bianco fanden, war nun:  $R = 1487 \cdot 10^{-9}$  C. G. S., der kleinste in seinem mittleren Teile:  $R = 734 \cdot 10^{-9}$  C. G. S. Dementsprechend erhalten wir am Südrande des Tales:

$$\frac{1}{\rho_l} - \frac{1}{\rho_t} = 1,5169 \cdot 10^{-9}$$

und in der Talmitte:

$$\frac{1}{\rho_l} - \frac{1}{\rho_t} = 0,7487 \cdot 10^{-9}$$

Nehmen wir nun, wie oben, an, dass der Krümmungsradius  $\rho_l$  in der Längsrichtung des Tales wenig von seinem normalen Werte verschieden sei und setzen dem Orte und Azimute entsprechend:

$$\frac{1}{\rho_l} = 1,5664 \cdot 10^{-9}$$

so ergibt sich am Südrande des Tales:

$$\frac{1}{\rho_t} = 0,0495 \cdot 10^{-9} \quad \text{also} \quad \rho_t = 206685 \cdot 10^5 \text{ c.}$$

und in der Talmitte:

$$\frac{1}{\rho_t} = 0,8177 \cdot 10^{-9} \quad \text{also} \quad \rho_t = 12267 \cdot 10^5 \text{ c.}$$

Dieser Krümmungsradius quer zum Tale erreicht somit am Rande den dreissigfachen und in der Mitte noch nahezu den zweifachen Wert seiner normalen Grösse.

Weitere Eigentümlichkeiten dieses so stark verbogenen Stückes der Niveaufläche sollen gelegentlich der vollständigen Veröffentlichung der Beobachtungen besprochen werden.

## 5. Über die Frage der Möglichkeit praktischer Anwendungen.

Wiederholt ist mir die Frage gestellt worden, ob es möglich sei, praktischen Nutzen aus meinen Beobachtungsmethoden zu ziehen. Ob denn mit ihrer Hülfe die Orte vergrabener oder in der Meerestiefe versunkener Schätze nicht angegeben, ob Quellen, Erz-, Kohlen- und Salzlager nicht entdeckt werden könnten. Will denn da nicht etwa die Wissenschaft durch ihre Drehwage ein viel älteres Instrument, die Wünschelrute verdrängen, das dem Glauben seinen vielhundert Jahre alten Ruhm verdankt? Nein, wir wollen das nicht, heute gewiss nicht, da wir nicht mehr, als die ersten tastenden Schritte getan. Durch systematisch fortgesetzte Arbeit in der Erkenntnis verborgener Massenverteilung vorwärts schreitend, werden wir aber unzweifelhaft allmählich auch der Möglichkeit näher rücken aus der Gesamtheit der Massen die praktisch wertvolleren abzutrennen. Hierzu stehen ja der Wissenschaft noch so manche Mittel zu Gebote.

Die Trennung elektrischer Leiter von Nichtleitern mit Hülfe elektrischer Wellen, wie es Herr *Dr. Löwy* in Göttingen vorgeschlagen, Bestimmungen der elektrischen Leitfähigkeit durch magnetische Wirkungen, die Leitungsfähigkeit für Wärme, Schall und Erschütterungen, sie Alle sind Hilfsmittel, von denen bis heute kaum ein Gebrauch gemacht wurde.

Wie aber in besonderen Fällen schon die Drehwage allein einen Fingerzeig von praktischem Werte geben könnte, soll an folgendem Beispiele erklärt werden.

Das emsige Suchen nach neuen Quellen benutzbarer Energie hat in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit vieler Praktiker auch auf die brennbaren Erdgase gerichtet. In Ungarn z. B. fanden die aus manchen Bohrlöchern des Alföld ausströmenden Gase schon seit mehr als zwei Jahrzehnten zu Beleuchtungszwecken und zu motorischem Betriebe einige Verwendung. In den letzten drei Jahren ist aber, da die Frage nach dem Vorkommen solcher Gase zu einer Frage von ganz ausserordentlichem wirtschaftlichen Interesse herangewachsen, in Folge der Erschliessung von überaus reichen Gasquellen in Siebenbürgen. Ein einziges dort eröffnetes Bohrloch von 302 Meter Tiefe bei Kis-Sármás, liefert in der Sekunde  $10,55 \text{ m}^3$ , also im Verlaufe von 24 Stunden nahezu eine Million Kubikmeter chemisch fast reines Methangas.

Wo soll nun nach solchen Gasen gebohrt werden? Die Geologen scheinen darüber einig zu sein, dass in Gase enthaltenden Gebieten die ausgiebigsten Ergüsse in unmittelbarer Nähe der Antiklinalen (Rücken), der die Gase führenden und sie bedeckenden Schichten, erfolgen. Hierfür sprechen die in Amerika (Ohio) gemachten Erfahrungen und auch die Beobachtungen in Siebenbürgen selbst, soweit dort die Lagerung und Faltung der Schichten durch geologische Forschung aufgeklärt werden konnte.

Solche geologische Merkzeichen fehlen aber ganz an der Oberfläche der mit Sand und Humus bedeckten grossen ungarischen Ebene (Alföld). Wer da und in ähnlichen Gebieten nach Gase führenden Antiklinalen sucht, sollte ja nicht versäumen, sich aus Beobachtungen mit der Drehwage Rat zu holen. Mit welchem Erfolg, das soll uns die Zukunft lehren.

\*

In diesem meinem Berichte habe ich wohl manche Frage berührt, deren Lösung ausser der streng gezogenen Grenze jener Aufgaben liegt, die sich die internationale Erdmessung ursprünglich zum Ziele setzte. Doch durfte, ja musste ich jener Bereitwilligkeit Rechnung tragen, mit der die Aufforderung der internationalen Assoziation der Akademien hier aufgenommen wurde bezüglich solcher Schwereuntersuchungen, die der Geologie und der Seismologie zugute kommen sollen.

Zur Erfüllung dieses Wunsches wollte ich Einiges beitragen.

---

# Schwere und Magnetismus im Gebiete von Kecskemét.

