

ANTRITTSREDE

DES

RECTOR MAGNIFICUS

PROF. D^{R.} RICHARD SCHUMANN

7. XI. 1914

Eure Exzellenzen!

Hochansehnliche Versammlung!

Das erste Wort, das ich in diesem Augenblicke aussprechen möchte, ist herzlichster Dank an Sie, hochverehrte Herren Kollegen, für Ihr großes Vertrauen sowie für die außerordentliche Ehre, die Sie mir durch die Wahl zum Rektor erwiesen haben. Der übernommenen Verantwortung bin ich mir bewußt und alle meine Kräfte stelle ich in den Dienst dieses hohen Amtes.

Die Leistungen meiner Herren Vorgänger im Amte haben mich mit größter Hochachtung erfüllt; in diesem Momente denke ich im besonderen an Sie, hochverehrter Herr Prorektor, wie Sie in den letzten Monaten Ihres Rektorates einen wirklich idealen Patriotismus in erfolgreiche Tat umgesetzt haben. Diese Monate sind mit die bedeutungsvollsten, die unsere Monarchie seit Jahrhunderten erlebt hat, und es ist wohl schwer, mitten in dieser Zeit ein so verantwortungsvolles Amt anzutreten; aber im Hinblick auf solch werktätigen Patriotismus und in der Erwartung Ihrer Mithilfe, hochverehrte Herren Kollegen, gilt hier nur der eine Gedanke: Vorwärts!

Daß unserer Einladung in dieser schweren Zeit so viele geehrte Gäste gefolgt sind, ist uns eine außerordentliche Genugtuung. Im Namen der Hochschule begrüße ich auf das ehrerbietigste den Herrn Vertreter unserer vorgesetzten Behörde, Se. Exzellenz Dr. Cwiklinski. Das Vertrauen des hohen Ministeriums und seine Unterstützung erbitte ich auch für das kommende Jahr. Manche Lebensfrage der Hochschule ist zurzeit noch ungelöst; doch ist es dermalen nicht am Platze,

große materielle Ansuchen zu stellen. Die Hochschule setzte, wie zahlreiche andere Anstalten, eine Ehre darein, jetzt zu geben, was in ihren Kräften stand. Wir haben allen Grund zu der Hoffnung, daß dem jetzigen Kampfe ein Aufschwung erfolgen wird, und dieser Aufschwung möge uns die Erfüllung lang gehegter, voll berechtigter Wünsche bringen.

Ich begrüße ehrfurchtsvoll

Se. Exzellenz den Herrn Eisenbahnminister Freiherrn
v. F o r s t e r,

die hochgeehrten Herren Vertreter der Niederösterreichischen Statthaltereı und anderer hoher Staats-, Militär-, Landes- und Stadtbehörden. Unsere Hochschule steht während ihrer bald 100jährigen Wirksamkeit mit allen diesen hohen Verwaltungen in natürlicher, engster Beziehung und dringend bitten wir um vielseitige weitere Förderung wie bisher.

Einen herzlichen Willkomm entbiete ich Ihren Magnificenzen, den Herren Rektoren unserer Schwesteranstalten, den Herren Abgesandten wissenschaftlicher Institute, der Wissenschaft, der Kunst sowie allen geehrten Festgästen. Auch begrüße ich herzlich die Herren Vertreter der Lemberger Technischen Hochschule.

Den erschienenen Kommilitonen spreche ich für ihr Kommen meine herzlichste Freude aus. Verständigung mit meinen Schülern ist mir immer ein Bedürfnis gewesen. Als ich vor mehr als zwölf Jahren zuerst in ein Professorenkollegium eintrat, erschien es mir ein Umstand von Bedeutung, daß unter den neuen Kollegen eine große Anzahl früherer Schüler teils derselben Anstalt, teils anderer sich befanden. Mit Stolz und Freude hebt jeder dieser Herren hervor, daß er Schüler einer Technischen Hochschule war, und bei der Auswahl neuer Lehrkräfte ist es ein offenbarer Vorzug eines zu Wählenden, Schüler der Anstalt gewesen zu sein. Nun ist es für den vortragenden und prüfenden Lehrer doch wohl ein bedeutsames Moment, zu wissen, daß unter den vor ihm sitzenden Kommilitonen künftige Kollegen sind.

Dieses Moment behält in seiner Umkehr auch Wert für Sie, Kommilitonen; von Anfang an schlagen zwar nicht viele von Ihnen die akademische Laufbahn ein. Aber grundsätzlich haben Sie den Marschallstab im Tornister und, wie die Erfahrung lehrt, wird dieser Stab später doch öfter und gern hervorgeholt. Möchte ich manchen von Ihnen später als Kollegen begegnen!

Im besonderen begrüße ich Sie noch als Vertreter Ihrer im Felde stehenden Kollegen und ich stelle mit Freuden fest, daß sowohl unsere waffenpflichtige, als unsere nichtwaffenpflichtige Jugend sich in hervorragender Weise um das gemeinsame Vaterland verdient macht. Solche Leistungen Studierender sind um so höher einzuschätzen, als sie in die Zeit des Werdens, der Ausbildung fallen; es ist wirklich erhebend gewesen, zu sehen, wie viele Leistungen von der Jugend aus eigenem Antriebe angeboten wurden. Seien Sie versichert, Kommilitonen, daß wir Lehrer dem seinerzeit Rechnung tragen werden, wenn es gilt, das inzwischen Versäumte nachzuholen.

Hochansehnliche Versammlung!

Der Lärm der Welt, deren Geschichte jetzt draußen mit Blut und Eisen geschrieben wird, dröhnt allzu eindringlich an die Türen unserer Arbeitszimmer, als daß man sich einem Studium, einer wissenschaftlichen Arbeit völlig wie sonst hingeben könnte. Aber eine kurze Zeit der Sammlung wie der Ablenkung muß ab und zu möglich gemacht werden. Im folgenden möchte ich versuchen, aus meinem engeren Fache ein Bild einer Naturerscheinung zu entwerfen, die uns Alle direkt angeht und die uns in Österreich-Ungarn besonders interessiert, weil zu ihrer Erkenntnis Angehörige der Monarchie Neues, zum Teil Epochales geleistet haben. Ich meine die Schwerkraft.

Die Schwerkraft ist eine besondere Form der Gravitation, der allgemeinen Massenanziehung, die bekanntlich nach folgendem Gesetz wirkt:

Irgend zwei Massenteilchen ziehen sich gegenseitig an

1. direkt proportional ihren Massen,

2. umgekehrt proportional dem Quadrate ihres Abstandes.

Nach diesem Gesetz können zurzeit die allermeisten Bewegungen im Weltraume erklärt werden. Schwerkraft ist nun die Gravitation in der Nähe der Erdoberfläche. Wir Alle empfinden ihr Bestehen: wir müssen ihr Körperkraft entgegensetzen beim Bergsteigen, beim Aufheben eines Gegenstandes, auch beim Gang auf der horizontalen Ebene; wir benutzen sie bei Fahrzeugen auf dem Wasser und in der Luft, in der natürlichen Bewegung des Wassers, beim Gang mancher Maschinen, beim Hausbau; die Schwerkraft richtet das hängende Lot und die Wasserwage bei Vermessungsinstrumenten; sie beeinflusst

das Wachstum der Pflanzen und noch manches andere. Wohl zuerst kommt sie dem Menschen vor das Auge beim freien Fall eines losgelassenen Körpers; später muß er sich vorstellen, daß zum Beispiel in Nordamerika die Richtung der Kirchtürme senkrecht steht auf der Richtung unserer Kirchtürme, weiter: daß sie in Australien ihr gerade entgegengesetzt ist, endlich: daß allgemein die Schwerkraft rund um die Erdoberfläche fast genau nach dem Mittelpunkt der Erde gerichtet ist.

Die Anziehung hängt ab von der Masse des anziehenden Körpers und die Masse wieder von dem Volumen und der Dichtigkeit. Die Massenteilchen der Erde sind sehr verschieden dicht, ihre Beiträge zur Gesamtanziehung demnach auch sehr verschieden; die Luftteilchen können hier wegen ihrer geringen Masse ganz außer Betracht bleiben. Die Wassermassen der Ozeane können wir hier annehmen als gleich dicht, auch ihre Gesamtmasse ist noch gering gegenüber den festen Massen der ganzen Erde.

Die festen Erdteilchen haben recht verschiedene Dichtigkeit; setzt man die Dichtigkeit des Wassers gleich 1, so liegen die Dichtigkeiten der festen Erdteilchen, die an der Oberfläche in größeren Mengen vorkommen, etwa zwischen 2 und 3·5. Im Inneren der Erde müssen aber große Massen von der Dichtigkeit 7, 8 und noch mehr lagern, denn die durchschnittliche Dichtigkeit der ganzen Erde liegt sicher zwischen 5 und 6.

Bei einem so komplizierten Erdkörper ist der Verlauf der Anziehungskraft an der Oberfläche oder die Schwerkraft nicht leicht zu übersehen; dazu geht man besser von einem einfachen Körper aus.

Nehmen wir zunächst vollkommene Kugelgestalt für die Erde an, so haben die Punkte der Oberfläche gleichen Abstand vom Mittelpunkt; nehmen wir noch die Kugelmasse gleichmäßig dicht an, so ist die Anziehungskraft an der Oberfläche überall gleich. Zudem geht ihre Richtung durch den Kugelmittelpunkt und sie steht in jedem Punkte der Oberfläche senkrecht auf der Oberfläche. Ein frei hängendes Lot zeigt in seiner Ruhelage

nach dem Mittelpunkt; wir wollen von 10 zu 10 *km*, über der ganzen Kugeloberfläche, gleich schwere Lote von 1 *m* Länge derart aufhängen, daß ihre Aufhängepunkte 2 *m* über der Oberfläche sich befinden: sämtliche Lotrichtungen in der Ruhelage werden durch den Kugelmittelpunkt gehen; diese Richtung auf jeder Station unseres Netzes wollen wir die normale nennen.

Ein solches Lot zeigt noch eine zweite Erscheinung: bringt man es ein wenig aus seiner Ruhelage und läßt es frei, so pendelt es hin und her, die Zeitdauer eines Hin- und Herganges bleibt bei Wiederholungen die nämliche; sie heißt: Schwingungszeit des Pendels. Durch Vergleich mit einer guten Uhr kann man sie messen und aus ihr kann man auch nach einer bekannten Formel die Anziehungskraft der Erde oder die Intensität der Schwere an dieser Station zahlenmäßig berechnen.

Da unsere sämtlichen Lote gleichen Abstand vom Kugelmittelpunkt haben, so wird die Anziehungskraft auf alle Lote gleich groß; da die Lotfäden sämtlich gleich lang sind, so werden alle Lote gleiche Schwingungszeit haben. Wir wollen auch sie die normale Schwingungszeit nennen.

Von dieser idealen Erde ausgehend, wollen wir uns schrittweise der Wirklichkeit nähern; wir setzen mitten in eines der 10 *km*-Felder einen kegelförmigen Berg, mit der gleichen Dichtigkeit wie die der Kugel, bei einer Höhe von 2 bis 3 *km*. Dieser Berg zieht die Lote an, ihre Richtungen werden sich ändern, sie zeigen nicht mehr nach dem Kugelmittelpunkte. Die Abweichungen von den normalen Richtungen haben verschiedene Größe, die Größe richtet sich nach dem Abstände des Lotes vom Berge in gesetzmäßiger Weise; in großem Abstände werden die Ablenkungen klein sein, sie wachsen mit der Annäherung.

Weiter lehrt die Anschauung unmittelbar, daß die Massen in der Tiefe ungleich dicht sind. Um den Einfluß einer unterirdischen Massenungleichheit zu studieren, höhlen wir unter der Oberfläche der Erdkugel einen Raum aus und füllen ihn mit sehr dichter Masse. Man sagt dann, es bestehe dort ein

Massenüberschuß gegenüber der Umgebung. Auch durch einen solchen unterirdischen Massenüberschuß werden die Lote an der Oberfläche aus ihrer normalen Richtung gelenkt, auf der linken Seite nach rechts, auf der rechten nach links; gerade über der Störungsmasse wird es eine Stelle geben, an der das Lot keine Störung seiner Richtung erfährt.

Anders ist dies bei der Intensität der Schwere, von der ja die Schwingungszeit eines Pendels abhängt; die Schwingungszeit wird am stärksten beeinflußt, wenn das Pendel genau über der Störungsmasse schwingt.

In großen Abständen werden sowohl die Änderungen der Intensität als die der Richtung klein.

Man kann hieraus entnehmen, daß zwischen den Abweichungen aus der normalen Richtung einerseits und denen von der normalen Intensität andererseits ein gewisser Zusammenhang bestehen wird; aus beiden Arten von Abweichungen lassen sich Schlüsse ziehen über Lage und Größe unterirdischer Massenüberschüsse. Analoges gilt von unterirdischen Defekten oder von verhältnismäßig zu leichten Massen.

Es ist weiter bekannt, daß der Erdkörper keine vollkommene Kugelgestalt hat, sondern daß nach den Polen zu Abplattung besteht. Die Erdoberfläche paßt sich, mathematisch gesprochen, sehr nahe einem abgeplatteten Rotationsellipsoid an; dessen Oberfläche läßt sich durch eine einfache Gleichung ausdrücken. An den beiden Polen sind die Oberflächenpunkte dem Schwerpunkte des Erdellipsoides näher als Punkte am Äquator. Hieraus wird plausibel, daß die Schwerkraft an der Oberfläche nicht mehr überall die gleiche sein wird, wie es bei der Kugel war. Ihre Änderung verläuft aber völlig gesetzmäßig zwischen Pol und Äquator; zu jeder geographischen Breite gehört ein bestimmter Wert der Schwerkraft.

Die Richtung der Schwerkraft bleibt auch beim Ellipsoid senkrecht zur Oberfläche, aber: sie zeigt nicht mehr in jedem Oberflächenpunkte nach dem Mittelpunkte.

Auf die Größe der Schwerkraft hat auch die Rotation der Erde einen kleinen Einfluß; infolge der Rotation um die Achse entstehen Schleuderkräfte, sie sind nach außen, mithin der Schwerkraft entgegen gerichtet. Dadurch entsteht eine gewisse, wenn auch kleine Verminderung der Schwerkraft; sie ist am stärksten am Äquator, Null an den Polen, dazwischen verläuft auch sie gesetzmäßig.

Wir bedecken auch die Oberfläche des Ellipsoids mit einem Netze von Loten, wie bei der Kugel; bei gleichmäßiger Masse gibt es dann auch hier normale Werte der Richtung und der Intensität, sie lassen sich aus Formeln zahlenmäßig angeben. Eine über die ganze Erde giltige Normalformel für die Schwerkraft berechnet zu haben, ist ein hervorragendes Verdienst des Herrn H e l m e r t in Potsdam.

Zu unserem vollkommenen, überall gleich dichten Ellipsoid setzen wir jetzt die oberirdischen Gebirge, Täler, Ozeane sowie die unterirdischen Massenungleichheiten hinzu, so werden wiederum die normalen Richtungen und Intensitäten geändert; solche Unterschiede wirklicher Werte von normalen werden genannt:

bei den Richtungen kurzweg: Lotstörungen,
bei der Schwerkraftintensität: Schwerestörungen.

Es entsteht die Frage, wie die Zahlenwerte für die wirklichen Richtungen und Intensitäten erhalten werden. Dies geschieht durch bestimmte Messungen:

an geodätischen Messungen werden gebraucht:

Basismessungen,

Triangulationen,

Nivellements,

Bestimmung der Schwingungszeiten von Pendeln,

Messungen mit Gravimetern und mit dem Siedethermometer;

an astronomischen Messungen werden gebraucht:

geographische Breite oder die Polhöhe,
geographische Länge,
Azimutmessungen,
Zeitbestimmungen.

Zu diesen Messungen werden u. a. Instrumente wie Theodolite, Nivellierinstrumente benutzt, und die Achsen dieser Instrumente werden mit Hilfe der wirklichen Schwerkraft eingerichtet, bis Lote und Libellen „einspielen“, wie man sagt. Diese Achsen stehen also nicht normal. Die Messungsergebnisse und alles, was aus ihnen berechnet wird, ist von der wirklichen, mithin unregelmäßigen Massenverteilung beeinflußt. Und doch liefern solche Messungen die Grundlage aller Landesvermessung, aller Landkarten, der Koordinatenverzeichnisse sowie auch der Absteckung langer Linien: so ist zum Beispiel vom Schweizer Ingenieur *Rosenmund* beim Simplontunnel der Einfluß der umliegenden Gebirge auf seine Triangulation und damit auf die Tunnelabsteckung nachgewiesen worden.

Alle feineren Messungen müssen von diesen störenden Einflüssen befreit werden; es ist deshalb eine Notwendigkeit, die Anziehung der umliegenden Massen zahlenmäßig zu bestimmen. Diese Beträge lassen sich in der Tat aus den genannten geodätischen und astronomischen Messungen angenähert berechnen. Für eine einzelne Station sagt eine solche Berechnung aus:

1. das frei hängende Lot ist nach einer bestimmten Himmelsrichtung und um einen bestimmten Winkel abgelenkt aus der normalen Lage;

2. die Intensität der Schwerkraft ist hier um einen bestimmten Betrag zu groß oder zu klein gegenüber dem normalen Wert.

Die größte Lotstörung beträgt etwa $1'$ gleich $60''$; um diesen Winkel zu kennzeichnen, sei gesagt, daß eine Strecke von 6 cm in einer Entfernung von 200 m unter einem Winkel von $1'$ erscheint. Als ein Beispiel einer Lotstörung sei aufgeführt,

daß auf dem Laaerberge, einige Kilometer südlich von Wien, eine Ablenkung des Lotes in der Richtung West-Süd-West stattfindet, mit einem Betrage von etwa $8''$, das ist 8 mm auf 200 m .

Die Abweichungen werden um so sicherer bestimmt, je größer das ausgemessene Gebiet ist und je mehr Stationen auf ihm vorhanden sind.

Nun bedeckt das Festland $\frac{3}{11}$, der Ozean $\frac{8}{11}$ der Erd-

oberfläche; Theodolite und Pendel können also nur auf einem Drittel der ganzen Fläche verwendet werden. Auf der See versagen die Beobachtungen von Schwerkraftsrichtungen bisher gänzlich; wohl aber sind Messungen der Intensität auf den drei großen Ozeanen und auf dem Schwarzen Meere ausgeführt worden, zwar mit geringerer, aber doch ausreichender Genauigkeit. Eine dazu geeignete Methode ist von dem Norweger *M o h n* erdacht und von *H e c k e r*, damals in Potsdam, praktisch ausgearbeitet und auf mehreren Fahrten erprobt worden. Die Methode ist die folgende: auf dem fahrenden Schiff wird der Luftdruck auf zwei Arten gemessen:

1. mit Hilfe des Quecksilberbarometers,
2. mit Hilfe des Siedethermometers.

Der Luftdruck aus dem Quecksilberbarometer hängt von der wirklichen Schwerkraft ab, jener aus dem Siedethermometer dagegen nicht; aus dem Unterschied zwischen den beiden Drucken läßt sich die Störung der Schwerkraft berechnen.

Dabei muß die Richtung und die Geschwindigkeit in der Fahrt des Schiffes beachtet werden, worauf zuerst *Baron v. E ö t v ö s* in Budapest aufmerksam gemacht hat. Fährt das Schiff nach Ost, so eilt es voraus, die Rotationsgeschwindigkeit wird gleichsam vergrößert; fährt es nach West, so wird sie vermindert. Die Messungen der Schwere auf der See sind doch schon so genau, daß der Unterschied beachtet werden muß.

Bereits vor 50 Jahren hatte der Österreicher *W ü l l e r s t o r f f - U r b a i r* vorgeschlagen, an Stelle des Siedethermo-

meters zu dem gleichen Zwecke das Aneroid zu benutzen, da auch dessen Angabe frei von der Schwerkraft ist; aber das Aneroid erwies sich als Instrument nicht zuverlässig genug.

Bis jetzt ist die Intensität der Schwerkraft zu Wasser und zu Lande auf rund 3000 Stationen zahlenmäßig festgelegt; diese Stationen sind noch sehr ungleich verteilt, auch auf dem Festlande. Man erhält nach Herrn Borrass folgende Reihe relativer Schweremessungen bis 1909:

Österreich-Ungarn	856	Messungen
Deutschland	543	„
Rußland	391	„
Schweiz	185	„
England	159	„
Italien	157	„
Dänemark	119	„
Amerika	119	„
Frankreich	111	„
Japan	86	„
Norwegen	55	„
Spanien	32	„
Schweden	6	„

Eine vollständige Sichtung der maßgebenden Schwere-messungen findet man in den „Verhandlungen der Internationalen Erdmessung 1909“.

Hervorragende Verdienste um die Messung der absoluten Größe der Schwerkraft hat sich um 1880 der Gründer des Österreichischen Gradmessungsbureaus Theodor v. Oppolzer erworben; zu Anfang dieses Jahrhunderts sind seine Messungen durch die der Herren Kühnen und Furtwängler*), am Geodätischen Institut in Potsdam, überholt worden.

Der Löwenanteil an der großen Zahl der Stationen gebührt dem Militärgeographischen Institut in Wien; unter der Oberleitung seiner Kommandanten Lenzenheim, Arbter, Steeb und Frank haben nach dem Vorgange des unvergeß-

*) Jetzt Professor der Mathematik an der Wiener Universität.

lichen Sternec k eine große Anzahl seiner Offiziere relative Schweremessungen ausgeführt, zum überwiegenden Teil in der Monarchie selbst; ein kleinerer Teil entfällt auf fremde Küsten.

Der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien verdankt die Geodäsie mehrfache Förderung der Schwerkraftmessung, so namentlich in bezug auf die Untersuchung der Schwere im Tauerntunnel und in dessen Umgebung.

Über die Größe und Verteilung der Schwerestörungen läßt sich in Kürze folgendes sagen.

Die Schwerkraft oder die Schwerkrafts-Intensität an einer Station wird durch eine Zahl, die sogenannte Fallbeschleunigung, dargestellt, sie liegt bei $9.8 m$.

Die gesetzmäßige Änderung dieser Zahl vom Äquator bis zu den Polen infolge der Abplattung ist rund $5 cm$.

Die größten Störungen infolge unregelmäßiger Massenverteilung überschreiten $3 mm$ und diese Größen würde man selbst auf der See, trotz der dort größeren Ungenauigkeit der Messung, bis auf wenige $0.1 mm$ bei einer Wiederholung der Messung wieder erhalten.

Diese Störungen sind an der Oberfläche nicht willkürlich oder regellos angeordnet. Verzeichnet man sie auf einer Weltkarte, so erkennt man ausgedehnte, zusammenhängende Gebiete mit zu großer, und solche mit zu kleiner Schwere. Norwegen, Schweden, Finnland haben zu kleine Schwere, Schottland, England, Dänemark, Deutschland, Nördliches Österreich, Rußland bis zum Ural haben zu große Schwere, Zentralasien wieder zu kleine. Man hat dies Verhalten bereits in Verbindung bringen können mit den Hebungen und Senkungen mancher Länder und Küsten.

In den übrigen Ländern sind teils die Vorzeichen wechselnd, teils sind die Messungen noch nicht zahlreich genug.

Die Schweremessungen auf den großen Ozeanen zeigen mit Sicherheit, daß auch dort zusammenhängende Gebiete mit zu großer und solche mit zu kleiner Schwere bestehen. Sie brachten weiter einen Widerspruch zutage. Die normalen Werte

der Schwerkraft werden, wie schon erwähnt, im voraus gerechnet nach der Helmerischen Formel; diese Formel beruhte zunächst nur auf Messungen auf den Kontinenten, also auf Erdboden, der in den obersten Kilometern der Kruste die mittlere Dichte 3 hat.

Das Weltmeer hat eine durchschnittliche Tiefe von 3 bis 4 *km*; die Dichtigkeit dieser Wasser-Schicht ist aber nur 1, folglich hätte sich auf der See eine kleinere Schwerkraft ergeben müssen. Nach dem Gravitationsgesetze läßt sich zahlenmäßig schätzen, welche Verminderung eine solche Schicht auf die Schwerkraft an der Oberfläche ausübt.

Die Beobachtungen zeigten wider Erwarten Übereinstimmung, als ob die Wasserschicht eine ebenso große Anziehung ausübte wie eine Erdschicht. Da hier ein Zweifel an der Richtigkeit des Gravitationsgesetzes ausgeschlossen ist, so muß die beobachtete Vermehrung verursacht sein durch eine Masse von relativ größerer Dichtigkeit und es bleibt zunächst nichts anderes übrig, als sie unterhalb der Wasserschicht, in der Tiefe zu suchen.

Hier ist einzuschalten, daß eine verwandte Beobachtung bereits um die Mitte des vorigen Jahrhunderts gemacht wurde. Damals war in Indien von dem Engländer P r a t t nachgewiesen worden, daß das Lot bei Annäherung an das Himalayagebirge, mit dem dahinter liegenden, durchschnittlich 3 bis 4 *km* hohen, tibetanischen Hochplateau, bei weitem nicht die Anziehung zeigte, die der Masse dieses ungeheueren Gebirges zukommt. P r a t t schloß damals schon, daß die positive Anziehung, die nach dem Gravitationsgesetze vorhanden sein muß, hier durch einen benachbarten, unterirdischen Defekt kompensiert sein müsse. Später sind gleiche Wahrnehmungen bei anderen großen Gebirgen gemacht worden; so waren an mehreren Längensstationen in Nordamerika gegen 100'' Ablenkung des Lotes durch oberirdische, sichtbare Massen zu erwarten, 20'' bis 30'' wurden nur gefunden.

Eine allseitig befriedigende Erklärung für diese viel zu großen Widersprüche besteht zurzeit noch nicht; die Geologen und die Geodäten der neuen wie der alten Welt sind am Werke, eine einigende Erklärung zu suchen.

Die Geodäten haben eine gewisse Struktur im Aufbau der obersten Erdschichten angenommen und eine „Theorie vom Massenausgleich“ aufgestellt; ihr liegt folgende Arbeitshypothese zugrunde: Dichtigkeitsüberschüsse (oder -defekte) in den obersten Schichten sind durch benachbarte Defekte (oder -überschüsse) unterhalb im allgemeinen ausgeglichen, und diese Ausgleiche scheinen stattzufinden in Gebieten von mindestens 300 *km* Erstreckung, nicht in kleineren.

Eine formale Rechtfertigung dieser Hypothese vom Massenausgleich besteht in der Tatsache, daß die aus ihr folgende Reduktion der Beobachtungen die Widersprüche sowohl bei der Schwerkraftsrichtung wie bei der Intensität im wesentlichen numerisch erklärt. Die Vermessungsbehörde der Vereinigten Staaten ist in der Ausnutzung dieser Erkenntnis zugunsten ihrer Landesvermessung zurzeit am weitesten vorgeschritten.

Kleine Gebirge und einzelne Berge erscheinen nicht kompensiert.

Der Italiener *Costanzi* deutet auf Beziehungen hin zwischen der Krümmung der oberirdischen, größeren Gebirgsketten und der Lage der unterirdischen Kompensationsmassen.

Die Zukunft wird lehren, welche reale Ursache hier vorliegt; dazu sind zahlreiche weitere Beobachtungen nötig.

In den Achtzigerjahren des vorigen Jahrhunderts hatte Herr *Helmer* mit Sicherheit erkannt, daß die Schwere auf einem Streifen Landes entlang den Kontinentalküsten zu groß ist gegenüber den Werten im Inland; die Breite des Streifens ist einige 100 *km*. Einige Jahrzehnte später zeigte der Norweger *Schiötz*, daß ein entsprechender Streifen mit zu kleiner Schwere auf der See existiere, ebenfalls entlang der Kontinentalküste. Dies ging hervor aus Pendelmessungen, die *Frithjof Nansen* bei seiner Polarfahrt auf dem festen treibenden

Packeise erhalten hatte, sowie später aus den Siedethermometer-Messungen, die H e c k e r auf seinen Seefahrten in der Nähe der Kontinentalküsten angestellt hatte. Dieses Verhalten der Schwerkraft hängt zusammen mit der Form der Kontinentalränder. Die Kontinentalblöcke zeigen an ihren Rändern einen bemerkenswerten starken Abfall nach der See zu, mit Gefällen von 1:40 bis 1:100, auf mehrere Hunderte von Kilometern hin; der Abfall beginnt mit der bekannten 200 *m*-Linie, die man als eigentlichen Kontinentalrand auffassen kann. Diese Eigenschaft der Ränder ist von den Herren S c h i ö t z und H e l m e r t in glückliche Verbindung gebracht worden mit der eben geschilderten, streifenweisen Verteilung der Schwerkraftsabweichungen an den Küsten, und zwar auf Grund der Theorie vom Massenausgleich. Weiter hat Herr H e l m e r t gezeigt, daß Entsprechendes an den Rändern ausgedehnter hoher Gebirgsplateaus stattfinden muß; diese lagern auf den Kontinenten, wie die Kontinente auf der Erdkruste.

Vereinzelte Berge und kleine Inseln zeigen nach den direkten Messungen zu große Schwere, sie erscheinen als Massenüberschüsse und sind nicht kompensiert oder ausgeglichen; größere Inseln zeigen normale Schwere, sie erscheinen kompensiert, wie die Kontinente.

Die Tatsache, daß auf großen Gebieten die Schwerkraft zu groß oder zu klein ist, lehrt uns, daß auch das abgeplattete Rotationsellipsoid nicht die beste mathematische Erdfigur ist. Es gibt eine bessere, das Geoid, dadurch definiert, daß die wirkliche Schwerkraft in jedem Punkte auf der Geoid-Oberfläche senkrecht steht. Kleine Stücke eines Geoids sind bereits an einigen Stellen konstruiert worden; es ist aus Mangel an einem genügend dichten Netze von Richtungs- und Intensitätsbeobachtungen zurzeit noch nicht möglich, größere Teile zu bestimmen. Wohl aber läßt sich jetzt schon darüber die Aussage machen, daß das Geoid sich nur recht wenig vom abgeplatteten Rotationsellipsoid unterscheiden wird. Nach verschiedenen Rechnungen betragen die Abstände zwischen beiden einige

Zehner-Meter; es ist nicht wahrscheinlich, daß sie 100 *m* erreichen werden. Bis in die neueste Zeit war die Anschauung verbreitet, daß das Geoid auf den Kontinenten sich um mehrere Hunderte von Metern über das Ellipsoid erhebe, auf den Ozeanen sich entsprechend senke; diese Anschauung ist nicht mehr haltbar.

Herr Baron E ö t v ö s in Budapest hat in den letzten Jahrzehnten eine neue Methode experimentell und theoretisch mehr und mehr vervollkommenet, mittels welcher man Schwerkraftsdifferenzen mit einer erstaunlichen Genauigkeit messen kann. Sein Apparat ähnelt der bekannten C o u l o m b schen Drehwage, er dient dem Studium eines Gravitationsfeldes von geringer Ausdehnung.

Ein Gebiet in der Ungarischen Ebene bei Arad ist eng mit mehreren hundert Stationen bedeckt worden; aus den Beobachtungen ergeben sich interessante Aufschlüsse über Verteilung der Massen in der Tiefe. Auch Frankreich, Italien und Japan haben den E ö t v ö s schen Apparat schon verwendet.

Die letzten Fortschritte in der Messung der Schwerkraft sind die folgenden:

Vor einigen Jahren ist Herrn H e c k e r ein einwandfreier, experimenteller Nachweis der Anziehung des Mondes auf die Richtung des Lotes gelungen; dazu diente ein sogenanntes Horizontalpendel, das in einem 25 *m* tiefen Brunnen in Potsdam aufgestellt war. In dieser Tiefe werden die Messungen frei von der Einwirkung der unmittelbaren Sonnenstrahlung auf den Erdboden; durch sie waren die früheren Beobachtungen zu stark betroffen. Die Größe der Ablenkung des Lotes durch den Mond beträgt einige 0^o001, das ist einige 0^o001 *mm* auf 200 *m*.

Herr S c h w e y d a r vom Geodätischen Institute in Potsdam hat im letzten Jahre mit Hilfe eines neuen, äußerst empfindlichen Gravimeters auch die Einwirkung des Mondes auf die Intensität der Schwerkraft mit Sicherheit nachgewiesen.

Aus den beiden letztgenannten Messungsreihen ergeben sich interessante Schlüsse auf die „Starrheit“ der Erdkruste, oder auch auf ihren „Grad der Elastizität“; diese Untersuchungen berühren sich mit denen über Erdbeben.

Die soeben geschilderten Veränderungen infolge der Mondanziehung zeigen zugleich an, daß die Erdkruste, auf der die genannten Apparate fest lagern, sich unter dem Einflusse des Mondes periodisch schwach deformiert, oder daß die scheinbar starre Erdkruste auch eine Art Ebbe und Flut hat, wenn auch in geringerem Maße als der Ozean.

Entsprechendes gilt für den Einfluß der Sonne.

Aus der Gesamtheit der Messungen über Richtung und Intensität der Schwerkraft geht hervor, daß in der Anordnung der Massen in der Nähe der Erdoberfläche gewisse Gesetzmäßigkeiten walten. Eine bleibende Aufgabe der Geodäsie ist es, die Stetigkeit des Verlaufes solcher Gesetzmäßigkeit durch ein genügend enges Netz von Schwerestationen zu untersuchen. Der Geologie obliegt die Aufgabe, bei hypothetischen Hebungen und Senkungen bestimmt zu bezeichnender Erdmassen jene Folgerungen zu ziehen, die sich in bezug auf die Schwerkräfte der bewegten Massen nach dem *Newton* schen Gravitationsgesetze ergeben; denn der tatsächliche Verlauf der Schwerkraftstörungen zeigt eine Art von Ausgleich an, der während oder nach solchen Massenverschiebungen in der Nähe der Erdoberfläche stattgefunden haben muß.

Da die Schwerkraft die Summe der Anziehungen aller umliegenden Massen ist, und weil das *Newton* sche Gravitationsgesetz in dem ganzen hier in Betracht kommenden Bereiche gilt, so ergeben sich nach Abzug der Anziehung der oberirdischen Massen auch Schlüsse auf Massen in Tiefen, die uns nicht unmittelbar zugänglich sind. Dies verleiht dem Studium der Schwerkraft einen ganz besonderen Reiz.

Hochansehnliche Versammlung!

Meine Ausführungen bezogen sich auf ein verhältnismäßig kleines Gebiet; sie können zwar keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen, immerhin geht gewiß daraus hervor, daß große Fortschritte auf diesem Gebiete auch durch Angehörige unserer Monarchie erzielt worden sind: Die Namen von Sterneck und von Eötvös bezeichnen Wendepunkte in der Geschichte der Schwerkraftforschung und es ist Pflicht, solche Tradition hoch zu halten. Möge es uns bald vergönnt sein, nicht nur auf diesem Gebiete fast rein wissenschaftlicher Forschung einen neuen Aufschwung zu erleben, sondern auf allen wissenschaftlichen und technischen Gebieten. Die Berechtigung zu diesem Wunsche im besonderen für uns, als Angehörige einer Technischen Hochschule, liegt in der Tatsache, daß zugleich mit den Siegen unserer heroischen Armeen zahlreiche technische Errungenschaften ihre Siege feiern. Dies hat soeben mein Herr Vorredner näher ausgeführt; ich erinnere kurz an folgende Ingenieurfächer, die auch an unserer Hochschule vertreten sind:

Aeronautik,

Schiffbau,

Eisenbahntechnik,

Automobiltechnik,

Telephonie,

Technik der Explosivstoffe.

Si vis pacem, para bellum! Dieses kategorische „parare bellum“, diese hier geforderte Kriegsbereitschaft ist eine eminente Friedensmission des Ingenieurs; er hat sich ihr gewachsen gezeigt, rüsten wir ihn so aus, daß er es auch bleibt.