

# Die Schwerkraft am Sonnblick nebst allgemeinen Betrachtungen über die Erdschwere.

Von k. u. k. Major LEOPOLD ANDRES

Leiter der Geodätischen Gruppe im Militärgeographischen Institute

(Mit 7 Abbildungen.)

Wer Weltabgeschiedenheit liebt, wird gerne das Rauristal aufsuchen, welches, seitdem die Goldgewinnung im Sonnblickgebiete ruht und die Tauernbahn den Fremdenverkehr mehr in das Gasteinertal abgelenkt hat, noch stiller geworden ist, und dessen Bevölkerung sich zum größten Teile noch ihre Urwüchsigkeit bewahrt hat.

Sobald man, sei es von Taxenbach oder durch die Kitzlochklamm kommend, die etwa 900 *m* hoch gelegene eigentliche Talsohle erreicht, wird man des Sonnblicks mit dem auf seiner Spitze 3105 *m* hoch thronenden Zittelhause gewahr, in welchem die höchste, ständig bewohnte meteorologische Station Europas untergebracht ist. Die Schlußtafel zeigt den Sonnblick von Süden aus gesehen, mit dem Zittelhause und dem im Jahre 1911 errichteten, neuen Observatorium.

Diese seit 1886 bestehende meteorologische Station 1. Ordnung gab Gelegenheit, daß seither das Sonnblickgebiet von vielen Gelehrten der verschiedensten Wissenszweige aufgesucht wurde.

Nach dem im Jahre 1909 erfolgten Durchstiche des Tauerntunnels, regte der vormalige Präsident der kais. Akademie der Wissenschaften, Herr Professor Eduard Sueß, an, die Erdschwere an mehreren Orten im Tunnel und auf Stationen außerhalb desselben zu bestimmen, um in experimentaler Weise über die theoretische Annahme des Verlaufes der Erdschwere in Gebieten mit großen Gebirgsmassen, Aufklärung zu erlangen.

In der Folge wurde das Untersuchungsgebiet weiter ausgedehnt, als ursprünglich beabsichtigt war, und der Raum, welcher sich von Lienz im Pustertale und Spital a. d. Drau nördlich bis gegen Braunau am Inn erstreckt, durchforscht. Hiebei wurde der Verlauf der Schwerkraft in zwei, in nahezu meridionaler Richtung zueinander parallellaufenden Profilen untersucht und die Hohen Tauern einerseits über den Tauerntunnel, andererseits über den Sonnblick überquert.

1909 trat die Akademie der Wissenschaften an G.-M. v. Sterneck, welcher durch seine Tätigkeit in der Erforschung der Erdschwere zu Weltruf gelangt war, mit dem Ersuchen heran, zu erwirken, daß durch das Militärgeographische Institut diese wünschenswerte Untersuchung vorgenommen werde.

Die kais. Akademie der Wissenschaften stellte für die Durchführung dieser Arbeit in munifizenter Weise die Geldmittel zur Verfügung, während das Militärgeographische Institut die erforderlichen Instrumente beistellte und die Beobachtungen durch Organe dieses Institutes ausführen ließ.

Noch im selben Jahre wurden die erforderlichen Rekognoszierungen und Beobachtungen, wenn auch in sehr geringem Umfange, vorgenommen.

Die Absicht, daß G.-M. v. Sterneck bei Durchführung dieser Arbeit, obgleich nicht mehr in aktiver Weise, so doch durch seine reiche Erfahrung, diese anregend beeinflusse, konnte infolge seines nach längerem Leiden im Jahre 1910 erfolgten Todes nicht mehr verwirklicht werden, so daß in den Jahren 1910—1912 diese umfangreichen Messungen unter meiner Leitung und Mitwirkung ausgeführt wurden.

Hiebei sind im Gasteinertale, im Tauerntunnel, im Mölltale, auf mehreren hochgelegenen Stationen in den Hohen Tauern, im Rauristale, am Hochkönig, im Salzachtale und in der Umgebung von Salzburg, zusammen auf 43 Stationen, Beobachtungen vorgenommen worden.

Bevor noch über relative Schwerebestimmungen im allgemeinen und über die speziellen Arbeiten im Sonnblickgebiete hier einiges erörtert werde, möge jenes Mannes unseres Vaterlandes in Kürze gedacht werden, welcher auf dem Gebiete der relativen Schweremessung bahnbrechend gewirkt hat.

G.-M. Dr. Robert Daublebsky von Sterneck, dessen Porträt als Titelbild erscheint, wurde 1839 als Sohn eines Advokaten in Prag geboren. Nach Absolvierung der Mittelschule und zweier Jahre technischer Hochschule in Prag, trat er 1859 in die Armee ein.

Schon 1862 kam Sterneck in das Militärgeographische Institut, also zu einer Zeit, da die meisten Staaten Europas erst vor Kurzem einem wissenschaftlichen Unternehmen beigetreten waren, aus welchem vorerst die europäische und später die internationale Erdmessung hervorging.

Es ist daher begreiflich, daß auf diesen regen Geist alle Fragen der Geodäsie und Astronomie, welche mit der Gradmessung in Zusammenhang standen, befruchtend einwirkten und in ihm den Drang hervorriefen, bei diesen Arbeiten forschend und fördernd mitzuwirken, ein Streben, welches in der Folge zu einer reichen, wissenschaftlichen Ernte führte.

Sterneck war im Laufe seiner Verwendung im Militärgeographischen Institute in allen Zweigen geodätischer Arbeiten hervorragend tätig.

So wirkte er bei den Messungen mehrerer Grundlinien und an vielen Triangulierungen mit. In den Jahren 1871—74 führte er, bei Vornahme von Routenbereisungen auf der Balkanhalbinsel, vielfach astronomische Ortsbestimmungen und barometrische Höhenmessungen aus, und arbeitete so an dem grundlegenden Material für die Kartographie der Balkanhalbinsel mit.

Auf 59 trigonometrischen Punkten 1. Ordnung der Monarchie machte er astronomische Breiten- und Azimutmessungen. Hiebei führte er als Erster für die Bestimmung der Polhöhe an Stelle der etwas umständlichen Methode aus Durchgangsbeobachtungen im 1. Vertikal, welche die Mitnahme eines zweiten Instrumentes und einer Pendeluhr bedingte, die Messung von Meridianzenithdistanzen mit dem Universal-Instrument ein, welche Methode heute für Feldstationen ihrer leichten Ausführbarkeit und einfachen Reduktion halber, als die zweckmäßigste allgemein anerkannt wird.

In ganz hervorragender Weise beschäftigte ihn die Erforschung der Erdschwere und er führte seit 1882 zahlreiche Bestimmungen derselben aus, so daß von ihm oder unter seiner Leitung auf 544 Stationen Schwerebestimmungen vorgenommen wurden.

Der von Sterneck konstruierte, einfache, sehr kompendiöse Apparat mit Halbsekundenpendel, welcher leicht transportabel und installierbar ist, hat von allen Apparaten zur Schwerebestimmung die meiste Verwendung gefunden. Wenn Geheimrat Helmerl-Potsdam bei seinen Untersuchungen 1884 nur etwas über 100 Stationen, auf welchen die Schwerkraft bestimmt war, zur Verfügung hatte, so ist es ein Verdienst Sterneck's, daß heute die Schwerkraft auf etwa 3000 Stationen bestimmt ist, worunter auf Oesterreich-Ungarn allein 900 Stationen entfallen.

1880 bis 1894 war Sterneck Leiter der astronomischen Abteilung im Militärgeographischen Institute und dann, mittlerweile zum Oberst vorgerückt, Leiter der geodätischen Gruppe desselben. Seit 1882 war er auch bevollmächtigter Kommissär der internationalen Erdmessung.

In den letzten Lebensjahren beschäftigte er sich speziell mit der Erforschung des Gezeitenphänomens in der Adria. Sterneck, durch viele hohe Orden ausgezeichnet, war Ehrendoktor der Universität Göttingen, Mitglied vieler wissenschaftlicher Vereinigungen, und trat 1906 auf eigenes Ansuchen als Generalmajor in den Ruhestand, bis ihn 1910 der unerbittliche Tod dahinraffte.

Sterneck, welcher rege publizistisch tätig war, lebt in seinen zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten weiter, so daß der Name und Geist dieses illustren Mannes der Nachwelt dauernd erhalten bleiben wird.

Um über die Erdschwere einiges vorauszuschicken, sei erwähnt, daß wir über das Wesen der Schwerkraft oder Gravitation keine Kenntnis besitzen, dies aber für viele Untersuchungen auch nicht nötig ist.

Wäre die Erde eine homogene Kugel oder bestünde selbe aus homogenen Kugelschalen, wenn auch von ungleicher Dichte, so wäre das Schweregesetz ein sehr einfaches und nur von der durch die Rotation erzeugten Fliehkraft beeinflusst.

Aber auch für ein an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid, wie dies unsere Erde ist, ergibt sich für jeden Punkt im Meeresniveau ein theoretischer Wert und zwar nach Helmert  $\gamma_0 = 978.030 (1 + 0.005302 \sin^2 \varphi - 0.000007 \sin^2 2 \varphi)$ , wobei  $\varphi$  die geographische Breite bedeutet und die derselben beigegebenen Koeffizienten von der Abplattung und der Fliehkraft abhängig sind.

$978.030 \text{ cm/sec.}^2$  ist die am Äquator angenommene Beschleunigung der Schwere oder als  $g \text{ cm/sec.}^2$  das Gewicht der Masseneinheit (des Grammes); in absoluten Kräfteinheiten (Dyner), als Schwerkraft.

Auch unter der Annahme, daß die Dichteverteilung eine gleichmäßige ist, sind die Lotlinien nicht mehr geradlinig gegen den Mittelpunkt gerichtet und infolge der Nichtparallelität der Niveauflächen gegen den Pol hin flach konkav gekrümmt.

Wenn nun außerdem die Massenverteilung (Dichtigkeit) Unregelmäßigkeiten aufweist, so ergeben sich Änderungen in den Richtungen der Schwerkraft, Lotabweichungen, und Änderungen in der Intensität, d. h. Schwereanomalien, welche letztere durch die Differenzen der beobachteten Schwerkraft  $g$  mit der theoretischen Schwerkraft  $\gamma_0$  zum Ausdruck kommen.

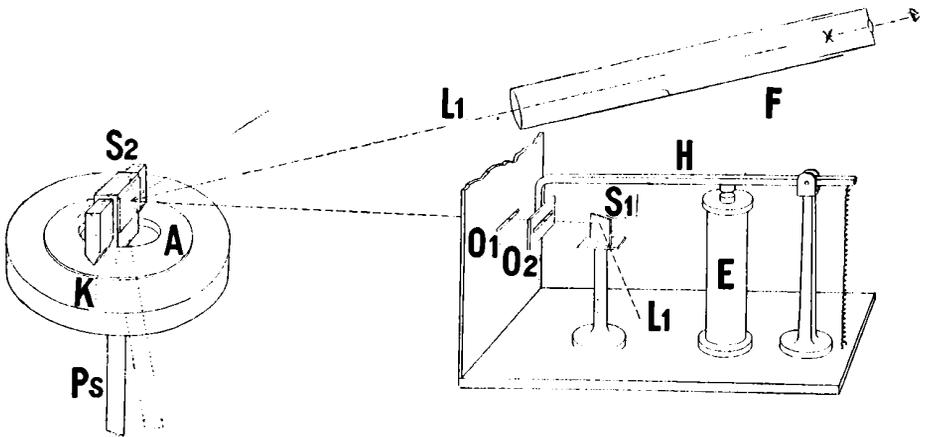


Abb. 1. Schematische Darstellung der Einrichtung des Koinzidenzapparates.

Die Erforschung der Verteilung der Erdschwere auf unserer Erde ist für das Studium der Erdkruste, der Figur der Erde, also für viele Fragen der Geologie, Geodäsie und Geophysik von eminenter Bedeutung.

Für die Bestimmung der Schwerkraft selbst ist das Pendel ein sehr geeignetes Mittel, da bekanntermaßen die Schwingungszeit eines Pendels verkehrt proportional der Quadratwurzel aus der Beschleunigung der Schwerkraft  $g$  ist.

Für die Ermittlung der Schwerkraft unterscheidet man absolute und relative Bestimmungen.

Die exakte, absolute Bestimmung der Erdschwere ist mit einem großen Aufwande instrumenteller Hilfsmittel und mit vieler Mühe verbunden. Es genügt indes für weitergehende Untersuchungen die Größe der Erdschwere durch absolute Bestimmungen nur an wenigen Orten zu ermitteln, wie z. B. durch die Bestimmung der Länge des Sekundenpendels mit Hilfe eines Reversionspendels.

Geht man nämlich von einem Orte aus, dessen Schwerkraft durch absolute Bestimmungen ermittelt wurde, und beobachtet an diesem und einem zweiten Orte die Schwingungszeiten  $s_1$  und  $s_2$  eines und desselben Pendels von unveränderlicher Länge, so verhalten sich die Schwerkraften  $g_1$  und  $g_2$  an diesen Orten wie verkehrt die Quadrate der Schwingungszeiten, also:  $g_2 : g_1 = s_1^2 : s_2^2$ , woraus  $g_2$  berechnet werden kann.

Zur genauen Ermittlung der Schwingungszeiten bedient man sich der Methode der Koinzidenzen, zu deren Anwendung v. Sterneck einen

eigenen Apparat konstruierte, dessen Prinzip an der beifolgenden Abbildung erklärt werden soll. Das Licht einer Lichtquelle  $L_1$  fällt auf einen im Apparate befindlichen Spiegel  $S_1$  und wird von diesem durch den festen, horizontalen Spalt  $O_1$  auf den ungefähr 2 m entfernten Spiegel  $S_2$  reflektiert, der vertikal an dem Pendelkopfe befestigt ist. Von diesem gelangt der Lichtstrahl in das Fernrohr  $F$  und dort erscheint das Bild des Spaltes, bei richtiger Einstellung auf dem Horizontalfaden. Schwingt das mit der Achatschneide  $K$  auf einer Achatplatte  $A$  aufruhende Pendel  $P$ , so wandert das Spaltenbild im Gesichtsfelde des Fernrohres auf und ab, wohl auch aus demselben hinaus. Hinter dem festen Spalt  $O_1$  kann ein beweglicher, horizontaler und paralleler Spalt  $O_2$ , mit Hilfe des Hebels  $H$  eines Relais, vorübergeführt werden, welches durch die Stromschlüsse einer astronomischen Präzisionspendeluhr betätigt wird. Während einer jeden Sekunde geht der Spalt  $O_2$  zweimal an jenem  $O_1$  vorüber, u. zw. beim Anziehen des Hebels  $H$  durch den Magnet  $E$  und beim Zurückweichen desselben. Das Licht kann dann nur während der kurzen Zeit durch  $O_1$  austreten, welche  $O_2$  braucht, um an  $O_1$  vorübergeführt zu werden. Dadurch blitzen im Fernrohr die Bilder des horizontalen Spalten  $O_1$  fortgesetzt auf. Beträgt die Schwingungszeit des Pendels nicht genau eine halbe Sekunde, was absichtlich herbeigeführt wird, so werden diese Bilder, wenn das Licht überhaupt in das Fernrohr gelangt, bald oberhalb, bald unterhalb des Horizontalfadens wahrgenommen, dabei nähern sie sich demselben bei jeder Schwingung. Endlich gleitet eines dieser Bilder über den Faden hinweg; das ist die Koinzidenz. Danach entfernen sich die Bilder wieder, gelangen außer das Gesichtsfeld, rücken wieder herein, nähern sich abermals und es erfolgt wieder eine Koinzidenz u. s. f.

Die Sekundenschläge des Relais werden fortlaufend mitgezählt und die Eintrittszeiten der Koinzidenzen können dabei bis auf Zehntelsekunden geschätzt und so die Zeitabstände  $c$  der Koinzidenzen mit großer Annäherung ermittelt werden.

Schwingt das Pendel langsamer als eine halbe Sekunde, so bleibt es gegen die Uhrschläge zurück, u. zw. von einer Koinzidenz zur nächsten um eine Schwingung; schwingt es schneller, so eilt es in dieser Zeit um eine Schwingung voraus. Während der Zeit  $c$  der Koinzidenzdauer in Sekunden sind  $2c$  halbe Sekunden verflossen und das Pendel hat, je nachdem es langsamer oder schneller als eine halbe Sekunde schwingt  $2c \mp 1$  Schwingungen vollbracht. Die Zeit  $s$  in Sekunden einer Pendelschwingung ist hiernach:  $s = c : 2c \mp 1$ .

Selbstverständlich beobachtet man eine große Zahl von Koinzidenzen, etwa durch dreiviertel Stunden, erhält so einen sehr genauen Wert von  $c$  und damit einen bis in die Zehnmillionstel der Sekunde (die siebente Dezimalstelle) genauen Wert der Schwingungszeit  $s$  des Pendels.

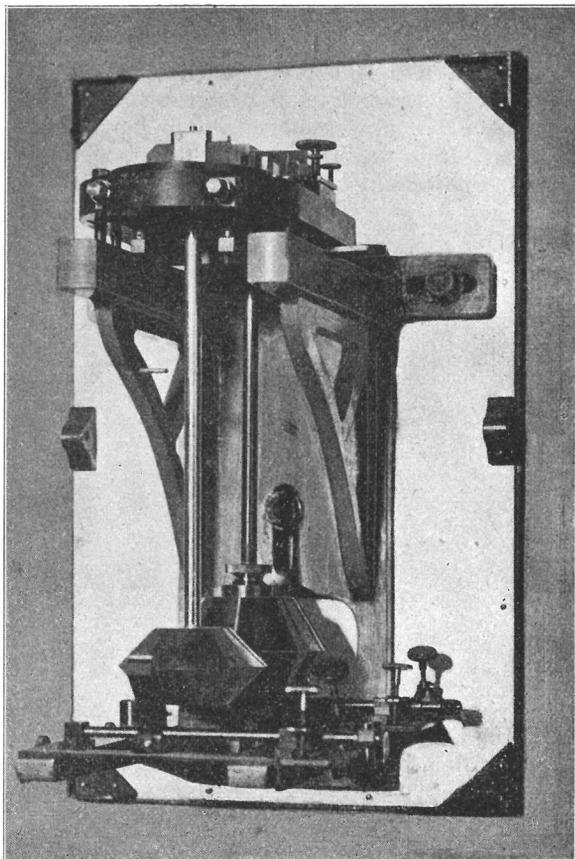


Abb. 2. Der Sternesche Zweipendelapparat, an einer Wandkonsole.

Da die so erhaltenen Schwingungszeiten aus den Beobachtungen eines physischen Pendels hervorgehen, müssen an den Schwingungszeiten, um sie vergleichbar zu machen, einige Korrekturen angebracht werden.

Es muß die Größe der Amplitude, die Temperatur der Pendel, die Luftdichte, endlich das Mitschwingen der Unterlage, auf welcher die Pendel aufgehängt sind, berücksichtigt werden, außerdem das Maß der Zeit bekannt sein, welches die Ermittlung des Ganges der Beobachtungsuhr durch genaue astronomische Zeitbestimmungen bedingt.

In der ersten Zeit der Vornahme relativer Schweremessungen hat die Bestimmung des Mitschwingens der Unterlage nicht stattgefunden und es hat daher

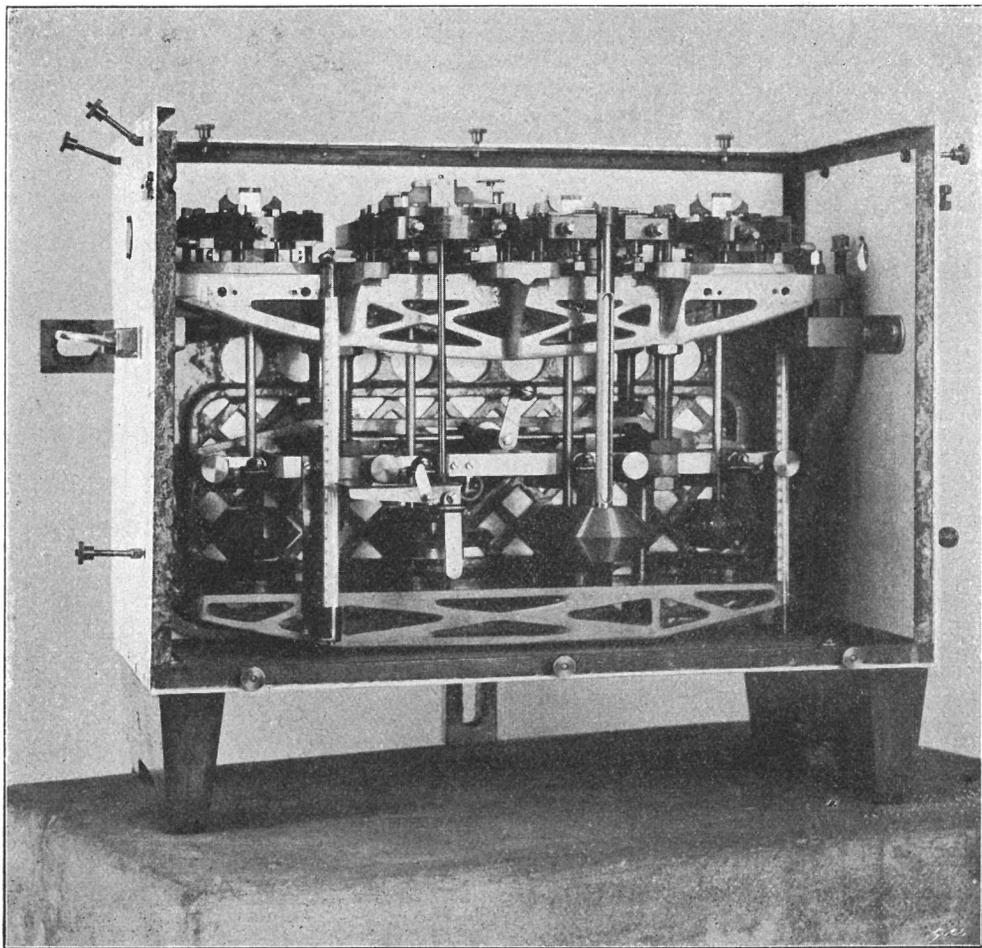


Abb. 3. Der Vierpendelapparat mit Arretiervorrichtung, zum Transporte ohne Abnahme der Pendel geeignet.

Sterneck um den Einfluß dieses Mitschwingens auf ein Minimum herabzudrücken, an Stelle der Pfeilerstative Wandkonsolen eingeführt.

Einen solchen Apparat zeigt Abb. 2 in etwas verbesserter Form, wie er im Jahre 1911 hergestellt wurde, und der mittels eines Hilfspendels das Mitschwingen der Unterlage, ich möchte sagen das Mitschaukeln, bestimmen läßt.

Der Vierpendelapparat vom selben Erzeugungsjahre (Abb. 3) ist gleichfalls für die Bestimmung des Mitschwingens eingerichtet. Bei diesem Apparate können die vier nebeneinander hängenden Pendel mittelst einer Brücke gehoben und lediglich bei den Linsen gefaßt, arretiert werden, und es ist somit nicht nötig, die sehr empfindlichen Pendel während der Transporte herauszunehmen, sondern sie können während einer ganzen Kampagne im Apparate belassen werden.

Nochmals zusammengefaßt, müssen also an den Schwingungszeiten Korrekturen wegen Uhgang, wegen Amplitude, wegen der Temperatur, wegen der Luftdichte, endlich wegen des Mitschwingens der Unterlage angebracht werden.

Für die Korrektur wegen Temperatur und Luftdichte müssen für jedes Pendel in experimenteller Weise die Konstanten bestimmt sein und es sind im Militärgeographischen Institute für deren Bestimmungen spezielle Einrichtungen vorhanden. Die Ermittlung des Uhranges läßt sich unter Umständen für manche Beobachtungsstationen eliminieren, was jedoch die wiederholt gleichzeitige Beobachtung zweier Beobachter auf zwei Stationen und das Vorhandensein einer telegraphischen Verbindung zur gleichzeitigen Betätigung der Koinzidenzapparate beider Stationen bedingt, ein Verfahren, welches indes in den meisten Fällen nicht anwendbar sein dürfte.

Um die Schwereanomalien zu finden, muß für jeden Ort die theoretische Schwere gerechnet werden, wozu die Kenntnis der geographischen Breite erforderlich ist. Es sind dann an der beobachteten Schwerkraft Reduktionen, u. zw. wegen der Seehöhe und der umgebenden Massen anzubringen.

Die Schweremessungen können daher nicht der einschlägigen Hilfsoperationen, wie geodätischer, dann astronomischer Messungen und geologischer Vorarbeiten entbehren.



Abb. 4. Die im Jahre 1911 durch das Militärgeographische Institut auf Kosten der kais. Akademie der Wissenschaften erbaute Beobachtungshütte.

Es ist leicht einzusehen, daß mit zunehmender Meereshöhe die Erdschwere abnimmt, die ermittelten Schwerewerte daher auf ein gemeinsames, z. B. auf das Meeresniveau zu reduzieren sind.

Die zwischen dem Beobachtungsorte und diesem Niveau befindliche Erdkruste von bestimmter Dichte beeinflusst gleichfalls die Schwerkraft, was eine Korrektur wegen der sogenannten Platte erfordert.

Endlich ist es nicht gleichgültig, ob die Beobachtungsstation in einer Ebene liegt, von Gebirgen umsäumt ist, oder sich selbst auf luftiger Bergeshöhe befindet. Den Einfluß der sichtbaren Massen der Umgebung kann man sich durch eine gedachte Verebnung des Terrains beseitigt denken und spricht dann von der topographischen Korrektur.

Es würde über den Rahmen dieses Aufsatzes hinausgehen, in die mathematische Erläuterung dieser Korrekturen näher einzugehen, doch wird später an geeigneter Stelle über die Zweckdienlichkeit dieser Korrekturen noch Erwähnung getan werden.

Im Sommer des Jahres 1911 wurden nebst anderen Beobachtungen vornehmlich die Arbeiten im Rauristale und im Sonnblickgebiete vorgenommen. Es

waren dies die Stationen: zunächst Markt Rauris als Referenzstation, dann Taxenbach, Bucheben, Bodenhaus, Kolm-Saigurn, Neubau, Sonnblickspitze und das Seebichelhaus.

Selbstverständlich wurden für die Ableitung der Schwere die erforderlichen Anschlußbeobachtungen im Pendelkeller des Militärgeographischen Institutes ausgeführt.

Vor Inangriffnahme der Beobachtungen mußten für die Ausmittlung und Einrichtung der Pendelstationen im Rauristale und im Sonnblickgebiete mehrere Vorarbeiten geleistet werden. Besonders auf dem Sonnblickgipfel selbst wurden weit umfangreichere Herstellungen, als es für die Vornahme der Schweremessungen allein unbedingt erforderlich gewesen wäre, ausgeführt.

Die Meteorologische Gesellschaft brachte nämlich der kais. Akademie der Wissenschaften den Wunsch zum Ausdruck, daß bei diesem Anlasse, da im Zittelhause für wissenschaftliche Arbeiten nur ein Raum, zugleich Küche für den ständigen Beobachter, und die Gelehrtenstube zur Verfügung stehen, sich daher diese Räumlichkeiten als unzureichend erwiesen haben, die für die Schwere-



Abb. 5. Das im Jahre 1911 für astronomische Beobachtungen erbaute Beobachtungshäuschen.

bestimmungen herzustellenden Observatorien gleich derart permanent auszugestalten, daß dieselben in Hinkunft auch anderen wissenschaftlichen Arbeiten dienen können. Aus diesem Grunde wurde knapp unterhalb und südlich vom Zittelhause eine eigene Beobachtungshütte gebaut. Sie enthält einen Beobachtungsraum von  $4 \times 4$  m, einen kleineren Raum von  $2 \times 3$  m und eine Vorkammer, in welche die Eingangstüre führt.

Die ursprünglich geplante Einrichtung eines Raumes für ein astronomisches Observatorium in dieser Hütte unterblieb wegen der technischen Schwierigkeit des Einbaues der erforderlichen Klappe am Dache, rücksichtlich der großen Witterungsunbilden in so großer Höhe.

Zur Etablierung kleinerer transportabler astronomischer Instrumente wurde daher in unmittelbarer Nähe ein eigenes kleines Häuschen errichtet. Bei letzterem kann für die Vornahme von Beobachtungen, sowohl das ganze flache Dach abgedeckt, oder auch nur ein Spalt geöffnet werden. Unser Bildchen (Abb. 6) zeigt die beiden kleinen Hütten in ihrer gegenseitigen Lage zueinander.

Außer dem Steinmaterial, welches sich unweit der Baustelle am Sonnblickgipfel selbst gewinnen ließ, wurde das sonstige Baumaterial in Kolm-Saigurn, zum

Teile in Zell a. S. und in Salzburg besorgt. Die Holzkonstruktion wurde in Kolmsaigurn abgebunden.

Am Bauorte der Hütten bereiteten die Ausgrabung und die Herstellung der Fundamente bedeutende Schwierigkeiten, weil sich unter den Steinplatten sehr viel Eis vorfand, welches erst durch mühevollen Arbeit abgesprengt werden mußte und demnach die Abgrabung tiefer erforderlich war, als ursprünglich angenommen werden konnte.

Für den Transport brachte es der so schöne Sommer dieses Jahres mit sich, daß die Holzkonstruktion und sonstiges Baumaterial, infolge der vielen, frühzeitig aufgegangener Spalten im Gletschereise, nicht mit Drahtseil und Schlitten über den Gletscher bergwärts gezogen werden konnte, sondern mühsam über den steilen Grat getragen werden mußte.

Der Bau der in Rede stehenden Hütten erforderte 7 Wochen Zeit und die Geldsumme von 4100 Kronen, welcher Betrag von der kais. Akademie der Wissenschaften zur Verfügung gestellt wurde.

Für die Durchführung der Beobachtungen waren an Instrumenten die beiden auf Seite 6 und 7 abgebildeten Pendelapparate, für die Zeitbestimmungen ein

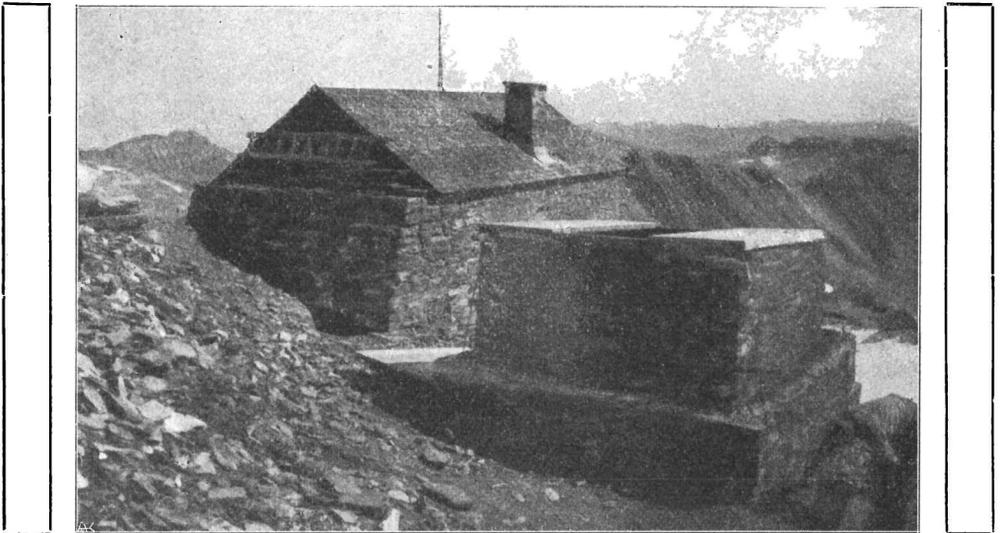


Abb. 6. Die Beobachtungshütte und das Beobachtungshäuschen für astronomische Zwecke von der Rückseite.

Passagerrohr, dann 2 astronomische Pendeluhrn, mehrere Chronometer und noch kleinere Hilfsinstrumente in Verwendung.

An den Beobachtungen beteiligte sich außer mir Hauptmann Max. Herold des Militärgeographischen Institutes, der auch alle Vorarbeiten durchführte und den Bau der beiden Observatorien auf dem Sonnblick leitete.

In der Referenzstation Rauris war für die Pendelbeobachtung der im Vogelmaierhause befindliche Gemeindearrest als Beobachtungsraum fürgewählt. Das Zelt mit dem Passagerrohr zur Vornahme der »Zeitbestimmungen aus Sterndurchgängen im Meridian«, fand im Hofe des genannten Hauses Aufstellung.

Beide Beobachter hatten eine Garnitur zu je 4 Pendel zu beobachten. Der Vierpendelapparat und das Passagerrohr verblieben während der ganzen Zeit der Beobachtungen im Gebiete des Rauristales und des Sonnblickes in der Vergleichsstation Rauris stabil etabliert.

In den Außenstationen wurden eigene Zeitbestimmungen nicht ausgeführt, sondern es wurden die Uhrstände aus den exakten telephonischen Uhrvergleichen mit der Uhr in der Referenzstation Rauris durch Abhorchen von Koinzidenzen erhalten.

Hiezu war es erforderlich, daß die einzelnen Pendellokale an die bestehende Telephonleitung, die Station Taxenbach an die staatliche Telegraphenleitung, angeschlossen wurden. Für die Seebichelhütte wurde über das Fleiß-Kees eine

eigene Kabelleitung gelegt. Den Beobachtern standen leichttransportable Telephonapparate zur Verfügung.

Zu Beginn und am Ende der hier in Betracht kommenden Reihe von beobachteten Stationen wurden in Rauris, als Vergleichsstation, alle 8 Pendel gemeinsam beobachtet.

In der Zwischenzeit wurden die Pendel im Vierpendelapparate kontinuierlich in der letztgenannten Station beobachtet.

In den anderen Stationen wurden durch Hptm. Herold mit dem leichtertransportablen, kleineren Zweipendelapparate die Beobachtungen nach folgendem Programme vorgenommen: am Nachmittag des ersten Arbeitstages Etablierung der Instrumente und Einregulierung der Pendeluhr, am Morgen des zweiten Tages die Bestimmung des Mitschwingens, mittags der erste telephonische Uhrvergleich,

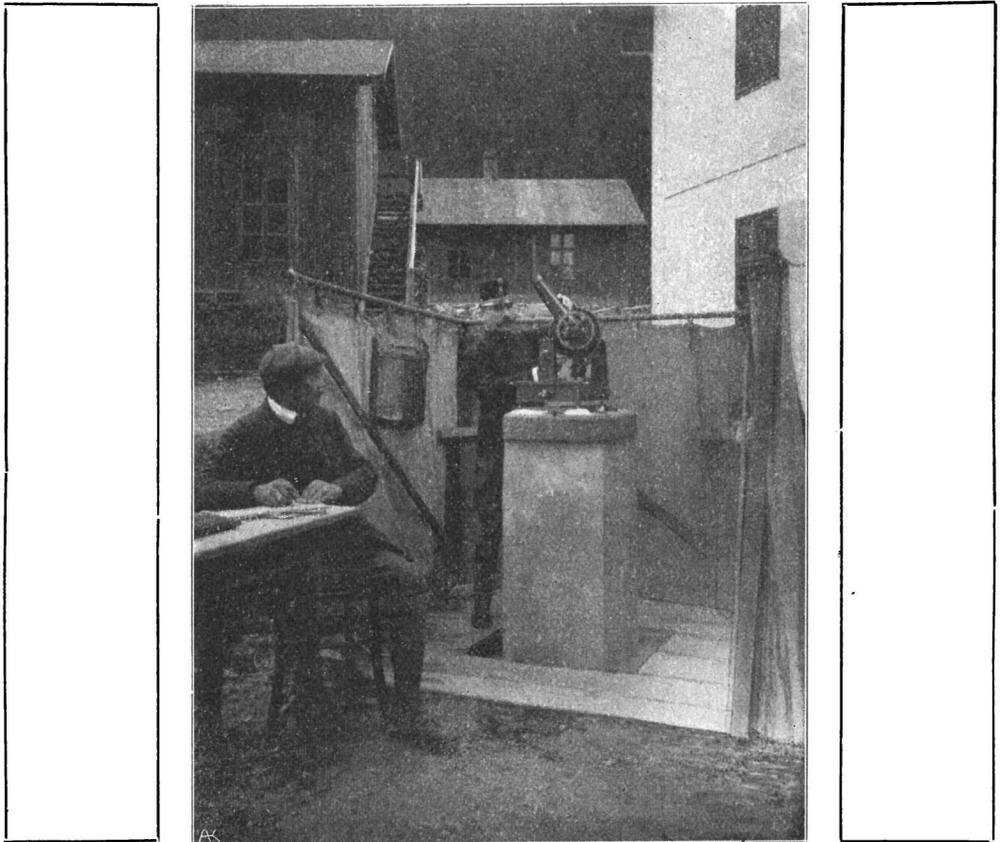


Abb. 7. Aufstellung des Passageninstrumentes zur Vornahme der Zeitbestimmungen in Rauris.

dann nachmittags die Beobachtung der 4 Pendel, am dritten Tage neuerliche Beobachtung der 4 Pendel, mittags der zweite Uhrvergleich, endlich am vierten Tage früh die dritte und zugleich letzte Beobachtung der Pendel, worauf mit dem wieder mittags vorgenommenen dritten Uhrenvergleiche die Beobachtungen auf einer Station abgeschlossen wurden. Anschließend erfolgte noch am selben Tage die Übersiedlung und Einrichtung des nächsten Beobachtungsortes, sodaß die Erledigung einer Station 3 Tage in Anspruch nahm und hiebei 12 Pendelbeobachtungen und 3 Uhrvergleiche, also hinreichend kontrolliertes Beobachtungsmaterial erhalten wurde.

Diese Arbeiten beanspruchten die Zeit von Mitte August bis Mitte September, wobei in Rauris nebst den Pendelbeobachtungen 21 Zeitbestimmungen vorgenommen wurden. Zusammen ist in dem in Rede stehenden Gebiete auf 8 Stationen die Erdschwere in hinreichend genauer Weise ermittelt worden.

Die Ergebnisse der in den Hohen Tauern und den anschließenden Gebieten ausgeführten Schweremessungen werden in nächster Zeit in den Veröffentlichungen der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in ausführlicher Weise erörtert werden.

Da dieser Publikation nicht vorgegriffen werden kann, sollen hier nur wenige Beobachtungsergebnisse, also gewissermaßen nur Beispiele, angeführt werden.

Erwähnt sei, daß die hier folgenden Resultate nur provisorischen Charakter tragen, weil die Reduktionen noch nicht endgültig abgeschlossen sind. Insbesondere deshalb, weil die Korrekturen wegen Platte und der Terrainbeschaffenheit vorläufig nur mit einer mittleren Dichte von 2·7 in Rechnung gestellt wurden.

Doch ist hieraus schon der Einfluß der Seehöhe und der umgebenden Massen deutlich erkennbar.

So ergibt sich:

	Seehöhe	geogr. Länge	geogr. Breite	theoretischer Wert der Schwere im Meereshorizont
Sonnblick . . .	3099 m	12° 57·5' ö. Gr.	47° 3·4'	980·801,9 cm/sec.
Rauris . . . .	946 »	12° 59·7' »	47° 13·0' »	980·816,4 »
Taxenbach . .	722 »	12° 56·8' »	47° 17·6' »	980·823,3 »

Die durch die Messungen auf den Stationen erhaltenen Werte betragen in der obigen Reihenfolge:

979·973,6 cm/sec.  
 980·477,5 »  
 980·538,9 »

Die Korrektur auf das Meeresniveau angebracht:

nämlich	$\left\{ \begin{array}{l} + 0·955,7 \text{ cm/sec.} \\ + 0·291,8 \text{ »} \\ + 0·222,8 \text{ »} \end{array} \right.$	ergeben dann	$\left\{ \begin{array}{l} 980·929,3 \text{ cm/sec.} \\ 980·769,3 \text{ »} \\ 980·761,7 \text{ »} \end{array} \right.$
---------	--	--------------	--

Von diesen erhaltenen Werten jene für die theoretische Erdschwere subtrahierend, erhält man die Vergleichswerte:

+ 0·127 cm/sec.  
 - 0·047 »  
 - 0·062 »

Bringt man aber die Korrekturen wegen

der Platte mit:	durch Verebnung des Terrains mit:
- 0·350,3	+ 0·051,4
- 0·106,8	+ 0·015,0
- 0·081,6	+ 0·019,7 in Rechnung,

so ergibt sich als Endwert für g:

980·631,0 cm/sec.  
 980·677,5 »  
 980·699,8 »

woraus sich für die Schwereanomalien, also für die Beobachtungswerte vermindert um die theoretischen Werte,

- 0·171 cm/sec.  
 - 0·139 »  
 - 0·124 » ergibt.

Es ist leicht einzusehen, daß die wenigen, hier angegebenen Beobachtungsergebnisse nicht ausreichen, um weitgehende Schlüsse ziehen zu können.

Um eingehendere Untersuchungen vorzunehmen, ist es erforderlich, recht zahlreiche und zweckmäßig auf der ganzen Erdoberfläche verteilte Messungen zu besitzen. Bis vor nicht langer Zeit lagen vornehmlich nur Messungen in den älteren Kulturstaaten Europas vor.

In neuerer Zeit sind aber schon vielfach Messungen, mehr oder weniger zerstreut, auch in außereuropäischen Gebieten vorgenommen worden. Es sei hier des Verdienstes der österr.-ungar. Kriegsmarine, welche auf Anregung Sternec k's an den Küsten der verschiedensten Kontinente viele Messungen vorgenommen hat, Erwähnung getan.

Von einzelnen Bestimmungen auf dem festen Eise in Polargebieten abgesehen, lagen begreiflicher Weise hauptsächlich nur Bestimmungen auf dem Festlande vor.

Prof. Hecker (Straßburg) hat während der Fahrt auf Schiffen, auf denen Pendelapparate nicht verwendbar sind, aus vergleichenden Beobachtungen des Siedethermometers mit dem Quecksilberbarometer in den Jahren 1901, 1904 und 1905 auf dem Atlantischen, Pazifischen und Indischen Ozean die Schwerkraft bestimmt.

Die Siedetemperatur hängt vom Luftdruck und dieser auch von der Schwerkraft ab, also vom Produkte Schwerkraft mal der Höhe der Quecksilbersäule des Barometers. Mißt man nun diese Höhe, so gelangt man, mit Hilfe der Bestimmung des Siedepunktes, in einfacher Weise zur Kenntnis der Schwerkraft.

Da die Ablesungen auf schwankendem Schiffe auf Schwierigkeiten stoßen, hat Hecker seine Apparate in kardanische Aufhängevorrichtungen etabliert und die Ablesungen durch photographische Registrierung erhalten.

Diese Beobachtungen, selbst mit soliden Thermometern und guten Quecksilberbarometern durchgeführt, besitzen nur etwa die halbe Genauigkeit der Pendelmessungen. Trotzdem hat die letztgeschilderte Erforschung über die Untersuchungen der Schwereanomalien auf dem Meere eine bedeutende Lücke ausgefüllt.

Wenn auch den Ermittlungen der Schwereanomalien noch immer eine gewisse Unsicherheit anhaftet, u. zw. einerseits in der Annahme für den theoretischen Wert im Meeresniveau des Äquators, welche Annahme jedoch keine nennenswerte Änderung mehr erfahren dürfte, anderseits den Schweremessungen selbst noch Ungenauigkeiten zukommen, so kann trotzdem heute schon gesagt werden, daß in Gebirgen negative, in Niederungen und am Meere positive Anomalien vorherrschend sind. Bei diesen Betrachtungen muß man stets eine große Anzahl von Beobachtungsstationen zusammenfassen, um diese Erscheinung richtig beurteilen zu können.

Gute Beobachtungen vorausgesetzt, kann als sicher gelten, daß bedeutende und in ganzen Gebieten vorherrschende Anomalien nicht verschwinden oder gar ihre Vorzeichen wechseln werden.

Auf dem Sonnblick ergeben sich analoge Anomalien wie auf anderen Gebirgsstöcken, so z. B.:

Land	Beobachtungsstation	Geographische				Seehöhe	Reduktion	
		Länge	ö. Gr.	Breite	Beobachtung		mit	ohne
							Berücksichtigung der äußeren Massen	
							cm	cm
Österreich	Sonnblickgipfel	12°	57·5'	47°	3·4'	3100	- 0·171	+ 0·127
Schweiz	Gornergrat	7°	46·8'	45°	59·0'	3016	- 0·109	+ 0·218
Schweiz	Concordia a. Aletschgletscher	8°	3·3'	46°	30·0'	2852	- 0·131	+ 0·171
Nordamerika, Colorado	Pikes Peak	- 105°	2·0'	38°	50·3'	4293	- 0·207	+ 0·217
Nordamerika, Utah	Pleasant Vally	- 111°	0·8'	39°	50·8'	2191	- 0·188	+ 0·036
Indien	Sandakphu Himalaya-Gebirge	88°	0·3'	27°	6·1'	3586	- 0·155	+ 0·198
Indien	Darjeeling am Südhange des Himalaya	88°	16·1'	27°	2·8'	2123	- 0·153	+ 0·061

Es ist von Interesse, die Ergebnisse der Bestimmungen auf dem Meere den vorhergehenden entgegenzustellen.

Im Vergleich zum Meere, das oft eine mehrere Kilometer tiefe Wasserschicht von der Dichte etwas größer als 1 aufweist, hat die Erdkruste die Dichte von 2·6 bis 2·8 und es sollte demnach die Erdschwere, auf dem Meere gemessen, bedeutend kleiner sein, als auf dem Festlande. Dies trifft aber keineswegs zu, sondern die Schwere auf dem Meere ist im allgemeinen der kontinentalen gleich, ja sogar häufig mit einem Überschusse belastet.

Durch die vorstehend zusammengefaßten Ergebnisse wird die von Pratt aufgestellte Hypothese, daß die Gebirgsmassen durch innerhalb oder unter denselben befindliche Massendefekte kompensiert sind, allgemein bestätigt, d. h. es sind unter den Gebirgen Dichtedefekte und unter den Meeren Dichteüberschüsse vorhanden.

Entgegen der von Bouguer angegebenen Methode, daß die Attraktion der unterhalb der Beobachtungsstation bis zum Meere befindlichen Massen, bei Ableitung der Vergleichswerte für die Erdschwere im Meeresniveau, berücksichtigt werden muß, haben andere, so insbesondere Faye, die Ansicht vertreten, daß an die beobachteten Schwerewerte nur die Reduktion wegen der Seehöhe anzubringen ist, so als ob die Beobachtungsstationen nur in freier Luft schweben würden.

Sofern Kompensationen Platz greifen, ist das letztere Verfahren gerechtfertigter und es ergeben sich im allgemeinen geringere Schwereanomalien als bei dem Verfahren Bouguer's.

Bei allgemeinen, also weitausgreifenden Untersuchungen, erscheint die Anwendung des Verfahrens nach Faye zutreffender, indes für lokale Untersuchungen das Verfahren nach Bouguer sich empfehlen kann.

In neueren Publikationen sind meistens beide Reduktionsergebnisse, sowie wir dies auch hier bei den wenigen angeführten Werten getan haben, ausgewiesen.

Helmert hat das Verfahren der Massenreduktion vervollkommenet, indem er sämtliche über dem Meeresniveau befindliche Massen bis zu diesem Niveau herabgeschoben und dort als unendlich dünne Flächenschichte unbegrenzt verdichtet angenommen hat.

Die ganz abnormen Überschüsse auf kleinen ozeanischen Inseln erklären sich dadurch, daß sich unter den Beobachtungsstationen gewissermaßen ein Steinsockel befindet, welcher einen Massenüberschuß vorstellt und damit die Schwereverhältnisse auf der umgebenden Meeresoberfläche in positivem Sinne beeinflußt.

Will man große Ozeangebiete auf die Schwerkraft hin untersuchen, dann muß man eben, wie dies schon Faye angab, die Attraktion dieses Sockels in Abzug bringen.

Eine Kompensation findet hier natürlich nicht statt, so wie überhaupt die Kompensation nicht allorts zutrifft und außerdem vielfach Unregelmäßigkeiten aufzuweisen scheint.

Über die Art der Kompensation im Erdinnern lassen sich verschiedene Vermutungen aufstellen. Insbesondere wirft sich aber die Frage auf, ob dieser Ausgleich sich schon in geringer Tiefe, also gewissermaßen rasch, oder erst in größeren Tiefen langsam vollzieht.

Auf Grund der Erkenntnis der Isostasie, oder der Theorie vom Massen- ausgleich, kann man sich im Erdinnern in einer gewissen Tiefe eine Fläche, die sogenannte Kompensationsfläche, vorstellen, unterhalb welcher Gleichgewicht herrscht. Das heißt alle Niveauflächen unterhalb derselben sind Flächen konstanten Druckes und konstanter Dichte. Oberhalb der Kompensationsfläche ist die Dichte verschieden.

Man kann sich von dieser Fläche aus, bis hinauf zur Erdoberfläche, Säulen vorstellen, von denen die höheren, also jene unter den Kontinenten, von der Kompensationsfläche an bis hinauf zum Meeresniveau verteilte Dichtedefekte, die Säulen unter den Meeren, die niedriger sind, Dichteüberschüsse aufweisen, so daß den Säulen gleichen Querschnittes allorts die gleiche Masse zukommt.

Auf Grund des Studiums der Lotabweichungen aus der Vergleichung zahlreicher exakter astronomischer Ortsbestimmungen und den erhaltenen geodätischen Werten in Nordamerika hat Hayford als den entsprechensten Wert für die Kompensationsfläche 114 km gefunden, indes Helmert in schöner Übereinstimmung aus den Schwereanomalien  $118 \pm 22$  km Tiefe errechnet hat.

So haben die Schwerebestimmungen über den Aufbau der Kruste unserer Erde, dann aber auch über die mathematische Figur derselben Klärung geschaffen.

Man versteht unter der mathematischen Gestalt der Erde jene Niveaufläche, welche von der Oberfläche der Meere gebildet würde, wenn man sich diese unter den Kontinenten durch ganz schmale Kanäle verbunden dächte.

Hiebei muß man sich das Wasser, ohne Kapillarität in den Kanälen, ohne Fluterscheinung, unbeeinflußt von Strömungen, von Winden, vom Luftdruck, also gegenüber der Erde in Ruhe, vorstellen.

Diese so gedachte Fläche bezeichnete Listing als Geoid, welches, wie heute schon bekannt ist, der Hauptsache nach, ein Rotationsellipsoid ist.

Von einzelnen bedeutenden lokalen Lotstörungen abgesehen, also regional betrachtet, fand Helmer t auf Grund der Ergebnisse der Schwerebestimmungen, daß sich die Abweichungen vom Ellipsoide, d. h. die Erhebungen, bezw. Senkungen der Niveaufläche innerhalb der Grenzen  $\pm 100 m$  halten.

Gleichfalls aus den Schwerebestimmungen ermittelte derselbe Gelehrte die Abplattung der Erde mit  $\frac{1}{298.3}$ , wobei erwähnt sei, daß der schon früher von Bessel aus Gradmessungen abgeleitete Wert, Helmer t's Angaben sehr nahe kam.

Die vorangeführten wenigen Betrachtungen über Fragen der Geodäsie, bezw. Geophysik, lassen erkennen, daß die Schwerebestimmungen zu dankenswerten Resultaten führen.

Alle diejenigen, die berechtigterweise den Schwerebestimmungen Interesse entgegenbringen, werden es der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu danken wissen, daß dieselbe die Vornahme der Schwerebestimmungen in den Hohen Tauern und in den angrenzenden Gebieten in so hervorragender Weise förderte.

## Neuere wissenschaftliche Untersuchungen im Observatorium auf dem Hochobir (2043 m).

Seit Herbst 1913 sind die schon von langer Hand vorbereiteten, durch eine Subvention der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften und durch die Unterstützung der k. k. österreichischen meteorologischen Gesellschaft ermöglichten wissenschaftlichen Untersuchungen im Rainer-Schutzhaus (2043 m) auf dem Hochobir in vollem Umfange im Gange. Der große Wert des Obir-Observatoriums besteht insbesondere darin, daß unmittelbar vom Schutzhaus aus, ein etwa 20 m langer Stollen in das Innere des Berges führt, in welchem man in ganz einwandfreier Weise Instrumente aufstellen kann, von denen Temperaturschwankungen sorgfältig ferngehalten werden sollen; im ganzen ersten Betriebshalbjahr war die höchste abgelesene Temperatur im Stollen  $3.4^{\circ} C$ , die tiefste  $3.0^{\circ} C$ . Der innerste Teil des 2 m hohen Stollens erweitert sich zu einer über 2 m breiten Kammer, die zur Abhaltung von Sickerwasser mit Beton ausgekleidet ist, gegen den äußeren Teil des Stollens ist diese Kammer durch eine Tür abgeschlossen. Überdies sind die Mauern des Instrumentenraumes mit Dachpappe verkleidet, hinter der das an den Wänden angesammelte Kondenswasser abfließen kann. Durch Verwendung von Chlorcalcium kann die Feuchtigkeit leicht auf etwa 80 - 90% herabgedrückt werden. Ein hübsch eingerichtetes, sehr geräumiges Gelehrtenzimmer und eine Dunkelkammer bieten auch in der Winterzeit und bei längerem Aufenthalt die Möglichkeit zu wissenschaftlicher Arbeit. Die Baukosten bestritt zum großen Teil die österr. met. Gesellschaft, der übrige Teil wurde durch anderweitige Subventionen aufgebracht.

Das Hauptziel der gegenwärtigen Untersuchungen, die bis zum Herbst 1914 fortgesetzt werden sollen, besteht darin, daß der Einfluß des Höhenunterschiedes auf die erdmagnetischen Elemente festgestellt werden soll, und zwar sowohl auf die absoluten Beträge als auch auf den täglichen Gang. Zu diesem Zwecke ist in dem oben beschriebenen Instrumentenraum ein vom Mechaniker Toepfer in Potsdam gelieferter Satz erdmagnetischer Variationsinstrumente für Deklination, Horizontalintensität und Vertikalintensität aufgestellt. Die Registrierung erfolgt auf photographischem Wege mit Hilfe einer Petroleumlampe, die täglich einmal ausgewechselt wird. Die Zeitmarkierung geschieht seit kurzem mit Hilfe einer im Gelehrtenzimmer aufgestellten Kontakt-Pendeluhr, die genau zu voller Stunde im Stollen eine kleine elektrische Glühlampe auf die Dauer von zwei Sekunden zum Leuchten bringt, wodurch auf dem photographischen Registrierstreifen eine Strichmarke entsteht. Zur Kontrolle der Uhren dient in ungemein bequemer Weise ein drahtloser Aufnahmeapparat von Péricaud in Paris (Preis nur 200 K), mit dem es auch bei Tage fast stets gelingt, das Pariser Zeitzeichen