

C. & G. SURVEY,  
LIBRARY AND ARCHIVES.  
DEC 17 1908  
Acc. No. 32527

# ERDMAGNETISCHE ERGEBNISSE

DER

## KERGUELEN-STATION

1901—1903

VON

Dr. KARL LUYKEN

Q  
115  
. D483  
1905  
Bd. 6  
Heft 1

LIBRARY  
NOV 07 2008  
National Oceanic &  
Atmospheric Administration  
U.S. Dept. of Commerce

1906

# **National Oceanic and Atmospheric Administration**

## **International Polar Year (IPY) 2007-2008**

### **ERRATA NOTICE**

One or more conditions of the original document may affect the quality of the image, such as:

Discolored pages

Faded or light ink

Binding intrudes into the text

This has been a co-operative project between the NOAA Central Library and the Climate Database Modernization Program, National Climate Data Center (NCDC). To view the original document contact the NOAA Central Library in Silver Spring, MD at (301) 713-2607 x124 or [Library.Reference@noaa.gov](mailto:Library.Reference@noaa.gov).

HOV Services  
12200 Kiln Court  
Beltsville, MD 20704-1387  
February 25, 2008



ERSTER TEIL

DAS VARIATIONSHAUS

SEINE EINRICHTUNGEN UND INSTRUMENTE

- I. EINLEITUNG
- II. DAS VARIATIONSHAUS UND SEINE EINRICHTUNG
- III. BESCHREIBUNG DES REGISTRISYSTEMS
- IV. DIE VARIOMETER

MIT TAFEL I—V

UND 16 ABBILDUNGEN IM TEXT



# I. Einleitung.

## 1. Vorbemerkungen.

Als die Errichtung einer wissenschaftlichen Beobachtungs-Station auf Kerguelen während des internationalen Polarjahres 1902/03 in das Programm der Deutschen Südpolar-Expedition einbezogen wurde, ergab sich für deren erdmagnetische Arbeiten eine doppelte Aufgabe.

In erster Linie sollten dieselben der in der Antarktis tätigen Haupt-Expedition als Basis dienen, also durch eine ununterbrochene Reihe magnetischer Beobachtungen ein möglichst zusammenhängendes Vergleichsmaterial beschaffen, auf welches die Ergebnisse der unter ganz fremdartigen Verhältnissen gewonnenen Messungen in der Antarktis selbst sich beziehen ließen. Denn wie es für jede geophysikalische Untersuchung wesentlich ist, ihre Resultate mit den an anderen Orten gewonnenen zu vergleichen, damit die von lokalen Ursachen abhängigen, dem jeweiligen Beobachtungs-orte eigentümlichen Erscheinungen von den einem größeren Erdgebiete gemeinsamen unterschieden werden können, so gewinnt ein Vergleich zwischen den erdmagnetischen Elementen zweier Orte noch um so größere Bedeutung, wenn einer derselben unter höheren Breiten, also den magnetischen Kraftzentren näher gelegen ist, wo es den Ursachen jener auffallend heftigen Schwankungen nachzuforschen gilt, denen die Richtung und Intensität der erdmagnetischen Kraft in der Nähe ihrer Pole unterworfen ist.

Schon die flüchtige Betrachtung der magnetischen Registrierkurven höherer Breiten überzeugt, daß die zahlreichen und schnellen Oszillationen wesentlich von dem ruhigen und einfacher gestalteten Verlauf synchroner Photogramme niederer Breiten verschieden sind, daß hier also teils andere, teils auch dieselben, jedoch in potenziertes Form auftretenden Ursachen mitwirken, welche das Gesamtbild der Erscheinung komplizieren und die Erkennung sonst deutlicher Perioden, wie z. B. derjenigen der täglichen Variation, erschweren.

In zweiter Linie bildete das magnetische Observatorium der Kerguelen-Station ein Verbindungsmitglied der die Südhemisphäre umschließenden internationalen Kette von Beobachtungs-Stationen, welche auf Grund eines gemeinschaftlichen Programms in einer Reihe fortlaufender simultaner Messungen eine möglichst zusammenhängende Darstellung der bisher noch wenig bekannten erdmagnetischen Erscheinungen der südlichen Erdzonen erzielen sollten.

Diese Kette wurde gebildet in erster Linie durch die vier Stationen in der Antarktis selbst, der deutschen Winterstation des „Gauss“ unweit der neuentdeckten Küste Kaiser Wilhelm II, der englischen Station in der Mc. Murdo-Bai am Victoria-Land, der schottischen an der Scotia-Bai auf Laurie-Eiland und der schwedischen auf Snow Hill-Eiland südöstlich von der James Ross-Insel.

Weiterhin schlossen sich drei auf einem Breitengürtel zwischen 45° und 55° gelegene Insel-Stationen an, eine englische in Lyttelton auf Neu-Seeland, die argentinische bei der Staten-Insel und die deutsche Zweigstation auf Kerguelen, während weiter nördlich noch das stationäre Observatorium in Melbourne mitwirkte.

Im Hinblick auf diesen doppelten Zweck war Kerguelen als Platz für den deutschen Beobachtungsposten recht günstig gewählt. Während es nämlich von den beiden anderen, innerhalb des bezeichneten Breitengürtels befindlichen Inselstationen in ziemlich gleichen Abständen entfernt lag, war es andererseits auch dem Operationsgebiet des „Gauss“ möglichst nahe, ohne daß es deshalb den oben erwähnten, für polnahe Gebiete eigentümlichen Störungserscheinungen ausgesetzt gewesen ist. Gerade in dieser Beziehung trat vielmehr im Laufe des Beobachtungsjahres der besondere Vorzug zutage, welcher die Resultate dieser Station als Bezugsmaterial sehr geeignet erscheinen läßt, nämlich daß die gesamten magnetischen Erscheinungen einen zumeist sehr ruhigen und verhältnismäßig einfachen Charakter ihres Verlaufs zeigen. Durch dieses Verhalten der Variationen wird die Erlangung sicherer absoluter Werte gewährleistet und andererseits auch das Erkennen typischer Vorgänge erleichtert, welche es weiterhin ermöglichen, Schlüsse auf die sie bedingenden Faktoren zu ziehen.

Was die Entfernung der Zweigstation von dem Überwinterungsplatz der Haupt-Expedition anbelangt, so wäre neben der Kerguelen-Insel noch die etwas südlicher und deshalb dem „Gauss“ näher gelegene kleinere Heard-Insel in Betracht gekommen. Die Wahl dieses Platzes schloß jedoch manche Bedenken in sich.

Wie nämlich schon der Bericht der deutschen Korvette „Arkona“ im Januar 1874 hervorhebt, die zur Rekognoszierung eines geeigneten Standpunktes für die deutsche Venus-Expedition in jene Gewässer entsandt worden war, herrschen auf Heard-Eiland äußerst rauhe Witterungsverhältnisse, die es der „Arkona“ während der verfügbaren Zeit von acht Tagen sogar unmöglich machten, vor Anker zu gehen. Der englischen Tiefsee-Expedition auf dem „Challenger“, welche um dieselbe Zeit ihren Kurs dorthin richtete<sup>1)</sup> und wenige Tage bei, sowie einen auf Heard-Eiland verweilte, verdanken wir einigen Aufschluß über diese Insel. Sie hielt dieselbe in Übereinstimmung mit den Erfahrungen früherer Walfischjäger als Standpunkt für einen Beobachtungsposten nicht für geeignet, weil der einzige Höhenzug, der hauptsächlich aus zwei vergletscherten Rücken besteht, sich in der Richtung der dort häufigsten Nordweststürme erstreckt und somit das Vorhandensein einer eigentlichen Leeseite ausschließt, sowie ferner, weil die Insel infolge des Mangels an tieferen Buchten keinen hinreichenden Schutz gegen die hohe westliche Dünung gewährt.

Als die deutsche Südpolar-Expedition auf dem „Gauss“ wenige Tage nach der Abreise von Kerguelen jene südlichste der subantarktischen Inseln anlief,<sup>2)</sup> fand sie hier bei ihrem eintägigen Verweilen eine reiche Fülle wissenschaftlichen, bisher unerschlossenen Materials in gedrängter Mannigfaltigkeit vor, welche wohl geeignet erschien, den verschiedenen Forschungszweigen einer Beobachtungs-Station für die Dauer eines Jahres interessante und wertvolle Ergebnisse zu bieten; andererseits aber machte sich selbst in der am meisten geschützten Bucht, der Corinthian-Bai, in welcher der „Gauss“ Anker warf, die Schwierigkeit der Landungsverhältnisse

<sup>1)</sup> Report on the scientific results of the voyage of H. M. S. „Challenger“, Narrative Vol. I pag. 369.

<sup>2)</sup> E. v. DRYGALSKI: Zum Kontinent des eisigen Südens S. 211.

in weit höherem Maße geltend als auf Kerguelen, wo das Löschen der zahlreichen Kisten und der feinen Instrumente schon einen großen Aufwand an Zeit und Arbeit erfordert hatte.

Endlich erwuchs der erdmagnetischen Forschung aus der Wahl der Kerguelen-Insel noch dadurch ein besonderer Vorteil, daß dort in früherer Zeit schon mehrfach Messungen dieser Art, insbesondere absolute Bestimmungen der drei wichtigsten Elemente, stattgefunden hatten und daß sogar in zwei Fällen — freilich nur kurze Zeit hindurch — regelmäßige Variationsbeobachtungen ausgeführt worden sind. Dieses historische Material, auf das wir im nächsten Kapitel näher eingehen wollen, wird in Verbindung mit den neuen Beobachtungen dem Studium des zeitlichen Verhaltens der erdmagnetischen Erscheinungen wichtige Anhaltspunkte zu geben vermögen und zur Erweiterung der Kenntnisse der säkularen Variation auch auf jenem vereinsamten Punkte des südlichen Ozeans dienen können.

## 2. Frühere magnetische Beobachtungen auf Kerguelen.

Die erste Aufzeichnung von magnetischen Beobachtungen auf Kerguelen findet sich bei JAMES COOK in der Beschreibung seiner dritten Weltumsegelung und Forschungsreise in die Antarktis, nachdem er schon bei seiner zweiten Weltreise im Jahre 1773 versucht hatte, auf die Kunde von der im Jahre vorher erfolgten Entdeckung durch den französischen Kapitän KERGUELEN TRÉMAREC dieses Inselland von Kapstadt aus anzusegeln, durch falsche Positionsangaben irre geleitet aber südlich an demselben vorbeigefahren war.

Bei dieser Gelegenheit hatte er aber mit seinem Gefährten BAGLI die magnetische Mißweisung  $\delta$  in den Gewässern südlich von Kerguelen für verschiedene Schiffsorte von der geographischen Breite  $\varphi$  und der Länge  $\lambda$  bestimmt, wie sie in der folgenden Tabelle wiedergegeben worden sind: <sup>1)</sup>

Datum 1773	$\varphi$	$\lambda$	$\delta$
Februar 12	52° 32' S	69° 47' E	31° 38' W
" 12	53 7 "	70 50 "	32 33 "
" 13	53 37 "	72 10 "	33 8 "
" 14	55 49 "	75 52 "	34 48 "
" 15	57 2 "	79 56 "	38 ? "

Erst auf seiner dritten Fahrt gelang es Cook, bei mehr nördlich eingehaltenem Kurs die Insel von Norden her anzulaufen und dabei ihre Position zu ermitteln. Er ankerte am Weihnachtsfest 1776 in einer im nördlichsten Teile der Insel belegenden, nach Osten geöffneten Bucht, nämlich in dem von ihm nach dem Tage der Ankunft benannten Christmas-Harbour. Die kleine in seinem Reisewerk <sup>2)</sup> veröffentlichte Kartenskizze dieses Hafens gibt die von BAGLI abgelesene Mißweisung zu 27° 45' West an bei  $\varphi = 48° 41' S$  und  $\lambda = 69° 4' E$ . Gr., während BUFFON in seiner Zusammenstellung magnetischer Beobachtungen am Ende des 18. Jahrhunderts noch zwei weitere von COOK und BAGLI gefundene Werte, 28° 4' und 28° 5', für dieselbe Position anführt. Berücksichtigt man wegen des ziemlich parallelen Verlaufs der Isogonen mit den Breitengraden in jener Gegend die Abnahme der Deklination nach Norden hin, welche sich nach den Angaben der obigen Tabelle zu ungefähr 1° pro Breitengrad ergibt, wie auch die neuen Karten ein ähnliches Verhalten aufweisen, so zeigt sich der auf Kerguelen selbst gefundene

<sup>1)</sup> JAMES COOK, A voyage towards the South Pole and round the World 1772/75, London 1777.

<sup>2)</sup> JAMES COOK, Troisième Voyage, Paris 1778.

Wert der magnetischen Mißweisung in Anbetracht der rohen Messungsmethode in ziemlich guter Übereinstimmung mit den Beobachtungen auf der zweiten Reise Cooks.

Die dieser Zeit folgenden 63 Jahre bis 1840 haben trotz zahlreicher Ansegelungen durch Walfänger und Robbenschläger keinerlei Erweiterung der wissenschaftlichen Erforschung von Kerguelen zu verzeichnen. Der englische Kapitän RHODES war der einzige, welcher im Südwinter 1799 einen längeren Aufenthalt vom März bis Oktober dazu benutzte, eine größere Reihe von Vermessungsaufnahmen anzustellen. Von dem sehr geschützt liegenden „Winterhafen“ aus, in welchem sein Schiff „Hillsborough“ vor Anker lag, unternahm er die Auslotung von etwa 50 Häfen und Buchten der Ostküste zwischen dem nördlichen Howe-Eiland und der Observationshalbinsel. Die Resultate dieser Aufnahmen sind von ihm in einer Kartenskizze<sup>1)</sup> niedergelegt, die auch eine Angabe der Mißweisung zu 31° West enthält. Dieser Wert erscheint jedoch wenig zuverlässig, da fast die gleiche Deklination erst 40 Jahre später auf Grund genauer Messung festgestellt wurde, der frühere Wert also anders gewesen sein wird. Abgesehen davon, daß er durch die primitive Beobachtungsmethode oder auch durch Lokaleinflüsse gestört sein kann, liegt ein Zweifel an seiner Richtigkeit um so näher, als der RHODESsche Kartenentwurf in manchen Teilen einen unrichtigen Verlauf größerer Küstenstriche enthält, der offenbar durch ungenaue Peilung verursacht ist.

Das erste eingehende Studium der erdmagnetischen Elemente auf Kerguelen verdanken wir JAMES CLARK ROSS, welcher auf seiner bewundernswerten mehrjährigen, besonders der geomagnetischen Forschung gewidmeten Entdeckungsfahrt durch die südlichen Meere und die Antarktis während des Süd winters 1840 mit seinen beiden Schiffen „Erebus“ und „Terror“ das Inselland anlief.<sup>2)</sup> Vom 12. Mai bis 20. Juli 1840 hielt er sich an dem nordwestlichen Teile von Kerguelen auf und hatte Gelegenheit, viele wichtige Faktoren der Klimatologie und Hydrographie festzustellen.

Im Hintergrunde desselben Weihnachtshafens, in dem schon Cook die ersten Beobachtungen vorgenommen hatte, wurden unter dem Schutze des im Norden plateauartig sich ausbreitenden Höhenzuges und der im Westen terrassenförmig ansteigenden Hügelkette zwei Observatorien für Astronomie und Erdmagnetismus errichtet. Neben den sorgfältigen Anschlußmessungen, die in dem letzteren zur Festlegung der während der Reise unternommenen regelmäßigen Schiffsbeobachtungen ausgeführt worden sind, wurde zum ersten Male auf Kerguelen auch die Einrichtung zur stündlichen Ablesung von Variationen der drei Elemente getroffen. Infolge der durch GAUSS' grundlegende Untersuchungen über die mathematische Theorie des Erdmagnetismus gegebenen Anregung war zu jener Zeit seit dem Jahre 1834 ein System korrespondierender Simultanbeobachtungen durch den magnetischen Verein zu Göttingen<sup>3)</sup> in die Wege geleitet und später durch ein Zirkular der Royal Society<sup>4)</sup> für die Zeit von 1838—41 über alle Observatorien der Erde ausgedehnt worden. An acht, später zwölf Termintagen im Jahre sollten überall in kurzen Zeitintervallen verschärfte Beobachtungen der Variationen angestellt werden, um auf diese

<sup>1)</sup> Eine Kopie des Originals, welches sich im Hydrographic Department of the Royal Admiralty zu London befindet, wurde mir von dort aus bereitwilligst zur Verfügung gestellt.

<sup>2)</sup> JAMES CLARK ROSS, A voyage of discovery and research in the southern and antarctic regions during the years 1839—43, London 1847.

<sup>3)</sup> Pogg. Anm. XXIII pag. 432.

<sup>4)</sup> Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins zu Göttingen 1838—41.

Weise ein möglichst vollständiges Bild des momentanen geomagnetischen Zustandes und seiner Änderungen zu gewinnen.

Da ein solcher Termintag, der 29. Mai 1840, in die Zeit von Ross' Aufenthalt auf Kerguelen fiel, so sind auch von ihm in Einklang mit dem erwähnten Programm Variations-Ablesungen der Deklination und der beiden Kraftkomponenten in den vorgeschriebenen Zeitintervallen von nur fünf Minuten vorgenommen. Die Tabelle der Variationen der Deklination ( $\delta$ ) und Horizontal-Intensität (H) ist in den Berichten des Göttinger Vereins mitgeteilt worden.<sup>1)</sup> Dagegen scheint eine Veröffentlichung der entsprechenden Werte der Vertikalkomponente, sowie auch der während eines vollen Monats unter der Leitung des Kapitän CROZIER mit großer Gewissenhaftigkeit durchgeführten stündlichen Ablesungen der drei Instrumente nicht erfolgt zu sein.

Von den Anschlußmessungen, welche an Land mit den beiderseitigen Foxapparaten des „Erebus“ und „Terror“ angestellt sind, zerfallen die Beobachtungen der Total-Intensität (T) hiernach in zwei Gruppen, von denen die erstere vier brauchbare Einzelmessungen vom 26. bis 29. Juni, die andere eine gleiche Anzahl vom 3. bis 4. Juli umfaßt.<sup>2)</sup> Das Resultat ergibt sich im Mittel zu  $0,5119 \pm 0,0005$  C. G. S.-Einh. bei einer mittleren Abweichung der Einzelmessung bis zu  $\pm 0,0014$ . Die Inklination ( $i$ ) wurde in der Zeit vom 4. bis 10. Juli bestimmt mit vier Nadeln vom „Erebus“ und zwei vom „Terror“.<sup>3)</sup> Das Mittel aus diesen Messungen berechnet sich zu  $69^\circ 57' \pm 2'$ , wobei die mittlere Abweichung der einzelnen Beobachtung  $\pm 5'$  ist. Nähere Angaben über die Zahl der angestellten absoluten Deklinationsbestimmungen fehlen. Der einzige von Ross in seinem Tagebuch angeführte Wert beträgt  $\delta = 30^\circ 33'.6$  West, wobei die angegebene Position zu  $\varphi = 48^\circ 41'$  Süd und  $\lambda = 69^\circ 4'$  E. Gr. mit der von Cook beobachteten genau übereinstimmt.

Die von Ross in Angriff genommene topographische Vermessung des nordöstlichen Küstengebietes vom Weihnachtshafen bis Howe-Eiland wurde dann im Januar 1874 von der englischen Tiefsee-Expedition auf dem „Challenger“ weiter fortgesetzt, welche den an Inseln und Buchten reichen Teil der Ostseite von der Hillsborough-Bai bis zum Kap „Challenger“ aufnahm.

Gleichzeitig ließ die Expedition Beobachtungen des Erdmagnetismus an fünf verschiedenen Plätzen anstellen. Die erste Station befand sich auf derselben Stelle am Weihnachtshafen, wo das alte Observatorium von Ross gestanden hatte, während die übrigen Beobachtungspunkte auf Howes-Foreland, bei Betsy-Cove, an der Accessible-Bai und auf Hog-Eiland im Royal-Sound lagen.

Wie der Bericht des „Challenger“ erwähnt,<sup>4)</sup> waren alle Beobachtungen an freieren Plätzen durch die heftigen Windstöße, an geschützten dagegen durch die ungünstige Beschaffenheit des zumeist sumpfigen Bodens im hohen Grade erschwert und in der Genauigkeit ihrer Resultate sehr beeinträchtigt. Diesem Umstande ist es neben den durch das eisenhaltige Gestein verursachten Lokaleinflüssen zuzuschreiben, daß die Messungen größere Abweichungen untereinander zeigen, wie aus der nach dem Challenger-Report zusammengestellten Tabelle hervorgeht:<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> l. c. 1841 pag. 164 ff.

<sup>2)</sup> Sabine, Contributions to Terrestrial Magnetism, Proc. of the Royal Society 1840 pag. 39 und 40.

<sup>3)</sup> idem pag. 173.

<sup>4)</sup> Report on the scientific results of the voyage of H. M. S. „Challenger“, Narrative Vol. II pag. 47.

<sup>5)</sup> idem pag. 30. Die eingeklammerten Ziffern geben die Zahl der Einzel-Beobachtungen an.

Datum 1874	Station	$\varphi$	$\lambda$	$\delta$	$i$	T	H (ber.)
Januar 7	Christmas-Harbour	48° 41' S	69° 3' E	33° 32'.8 [4]	70° 50' [1]	0.509	0.167
" 28	Howes-Foreland	48 52.7 "	69 28.2 "	—	72 0.0 [1]	—	—
" 13	Betsy-Cove	49 8.2 "	70 11.5 "	34 0.0 [1]	71 47.1 [1]	0.527	0.165
" 9	Accessible-Bai	49 8.3 "	70 4.0 "	33 33.7 [3]	—	—	—
" 19	Hog-Eiland	49 27.6 "	70 10.7 "	35 54.0 [2]	—	—	—

Im darauffolgenden Jahre bildete Kerguelen das Ziel mehrerer Expeditionen zur Beobachtung des Venusdurchganges, von denen die deutsche unter der Leitung des Herrn Dr. BÖRGEN auf der Korvette „Gazelle“ in Betsy-Cove, einer Bucht der Accessible-Bai, einlief und auf der Nordseite der Observationshalbinsel ihre Observatorien errichtete. Neben den astronomischen Beobachtungen und einer großen Zahl anderer wissenschaftlicher Arbeiten wurden ebenfalls erdmagnetische absolute und Variationsmessungen angestellt.<sup>1)</sup>

Für die letzteren waren in einem etwas abseits der Station belegenen kleinen Holzhause drei Magnetometer für Deklination und die beiden Komponenten der Intensität untergebracht worden, in denen ein- bis zweistündliche Ablesungen vom 12. November 1874 bis 27. Januar 1875 durchgeführt wurden. Infolge unzureichender Temperaturkompensation der Magnete des Variometers der Horizontalintensität, wofür zu jener Zeit keine hinlängliche praktische Erfahrung vorlag, mußten bei der späteren Bearbeitung leider sowohl die Beobachtungen der Variationen dieser Komponente, als auch der von ihr abhängigen Änderungen der Vertikal-Intensität ausgeschieden werden.

Dagegen bilden die sorgfältigen Ablesungen der Deklination, welche während der Zeit von zwei und einem halben Monat regelmäßig eingehalten worden sind, ein wertvolles Vergleichsmaterial. Was die absoluten Messungen angeht, so sind dieselben in gleicher Weise wie bei der Tiefsee-Expedition des „Challenger“ durch stürmisches Wetter zum Teil gestört, zum Teil sehr erschwert worden. Ihre Resultate sind in der nachfolgenden Tabelle nach den im II. Bande des „Gazelle“-Werkes<sup>2)</sup> von BÖRGEN veröffentlichten Mitteilungen zusammengestellt worden; sie gelten für den Beobachtungsort von Betsy-Cove [ $\varphi = 49^{\circ} 9' S$ .  $\lambda = 70^{\circ} 12' E. Gr.$ ]. Die Deklination wurde mit dem Normalkompaß bestimmt, die Intensität mit dem Foxapparat.

Datum 1874	$\delta$	$i$	T	H (ber.)	Mittelwerte
Oktober 27	33° 35'	—	—	—	
" 27	33 22	—	—	—	$\delta = 33^{\circ} 26' \pm 5'.4$
" 30	—	71° 21'	0.5288	0.1698	$E = \pm 15'.3$
" 30	—	—	0.5021	0.1613	$i = 71^{\circ} 16' \pm 6'$
November 3	—	—	0.4847	0.1557	
" 28	33 9	—	—	—	$T = 0.5054 \pm 0.0079$
" 28	33 23	—	—	—	$E = \pm 0.0176$
" 28	33 19	—	—	—	$H = 0.1623 \pm 0.0025$
" 28	33 17	—	—	—	$E = \pm 0.0056$
Dezember 18	33 59	71 11	0.5170	0.1660	
" 18	33 21	—	0.4943	0.1587	

<sup>1)</sup> Die Erforschungsreise S. M. S. „Gazelle“ Bd. II pag. 190.

<sup>2)</sup> idem pag. 146, 184 ff.

Hier ist für den Wert der mittleren Deklination das Mittel aus sämtlichen Kompaßbeobachtungen genommen worden, während die Berechnung im „Gazelle“-Werk sich nur auf die beiden letzten stützt, da diese unter gleichzeitiger Variationsablesung gewonnen worden sind. Die Berücksichtigung der auf Kerguelen sehr geringen, nur wenige Minuten betragenden Variation wird jedoch den ungleich größeren Beobachtungsdifferenzen gegenüber unbedenklich unterbleiben können.

Die englische Expedition auf der „Volage“ hatte um dieselbe Zeit unter der Leitung PERRY's ihre astronomische Hauptstation auf dem Südufer der Observatory-Bai des Royal-Sound errichtet und ebenfalls Beobachtungen der erdmagnetischen Elemente in ihr Programm einbezogen.<sup>1)</sup>

Die Deklination und Horizontalintensität wurde mit dem Jones-Unifilar, die Inklination mit dem Barrow-Dip-Circle gemessen, wobei diese Instrumente auf einem, von den Basalthöhen möglichst entfernten, freistehenden Ziegelsteinpfeiler aufgestellt waren. Die Bestimmung der Deklination erfolgte durch 58 Einzelmessungen, die sich in der Zeit vom 13. November 1874 bis 11. Februar 1875 auf 13 Tage verteilen. Die größte Differenz zwischen zwei auf den 6. und 10. Februar fallenden Extremwerten von  $35^{\circ} 39'.6$  und  $35^{\circ} 57'.2$  ergibt sich zu  $17'.6$ , während die größte Amplitude innerhalb der zu Tagesmitteln vereinigten Gruppen nur  $10'.2$  beträgt. Das Gesamtmittel aus den letzteren berechnet sich zu  $35^{\circ} 48'.4 \pm 1'.0$  mit dem mittleren Fehler der Einzelmessung  $\varepsilon = \pm 3'.4$ .

Die Anhäufung der Einzelmessungen an ein und demselben Tage, die am 8. Februar sogar die Zahl 14 erreichten, gab Gelegenheit, angenähert richtige Schlüsse auf den Gang der Tagesperiode zu ziehen; es wurde nämlich im Einklang mit den umfassenderen Variationsbeobachtungen der deutschen Station bei Betsy-Cove gefunden, daß die Nadel von einem Maximum der westlichen Abweichung um  $10^{\text{h a. m.}}$  bis  $3^{\text{h p. m.}}$  nach Osten zurückwandert und von da ab bis etwa  $7^{\text{h p. m.}}$  sich wieder nach Westen wendet. Abgesehen von einem Störungstag am 11. Februar, der gleichzeitig auch auf der nördlichen Hemisphäre festgestellt worden ist, wurde ebenfalls ein auffallend ruhiger Verlauf der täglichen Variation wahrgenommen, welche in einem Falle bis zum Maximum der mittleren Schnelligkeit von nur  $3'.7$  pro Stunde anstieg.

Die Inklination ist in den vier genannten Monaten an fünf Tagen zumeist mit zwei, in einem Falle mit allen drei Nadeln gemessen worden. Zur weiteren Verwertung wurde das Mittel aus den drei Beobachtungen des Dezember und Januar zu  $i = 71^{\circ} 56'.5 \pm 1'.2$  mit  $\varepsilon = \pm 2'.1$  als für den 1. Januar 1875 gültig berechnet, welches von dem Resultat aus allen Einzelmessungen um nur  $+ 1'.3$  abweicht.

Die Horizontalintensität wurde vermittels der Methode der Schwingungen und Ablenkungen in sieben bzw. sechs Einzelmessungen an verschiedenen Tagen bestimmt. Zur Berechnung der totalen Kraft und ihrer Vertikalkomponente wurde das Mittel sämtlicher H-Werte und die für den 1. Januar 1875 gefundene Inklination benutzt. Die Zusammenstellung aller Mittelwerte mit ihren mittleren Fehlern ergibt folgende in C. G. S.-Einh. umgerechnete Resultate:

$$\begin{aligned} H \text{ (beob.)} &= 0.15927 \pm 0.00007 & \varepsilon &= \pm 0.00019 \\ V \text{ (ber.)} &= 0.48848 \pm 0.00022 & \varepsilon &= \pm 0.00059 \\ T \text{ ( „ )} &= 0.51378 \pm 0.00024 & \varepsilon &= \pm 0.00062. \end{aligned}$$

<sup>1)</sup> Magnetic observations at Kerguelen. By the Rev. S. J. Perry. Proc. of the Royal Society Vol. 26 pag. 95 ff. 1877.

Erwähnt sei noch, daß auf den beiden von der englischen „Volage“-Expedition bei Swains Haulover und am Flusse des Thumb-Peak errichteten Nebenstationen je eine Beobachtung der erdmagnetischen Elemente während des kurzen Besuches vorgenommen wurde, deren Ergebnisse große Abweichungen mit den an der Beobachtungsbucht gefundenen Resultaten zeigen. Zu eingehenderen Folgerungen auf lokale Störungen dürften dieselben jedoch kaum geeignet sein, da nach dem Bericht PERRY's die Ungunst der Witterungsverhältnisse, sowie auch die Kürze der zu Gebote stehenden Zeit die Genauigkeit der Messungen sehr beeinträchtigt hat. Dagegen sind von allen früheren, in diesem Kapitel besprochenen absoluten Beobachtungen die letztgenannten an der Beobachtungsbucht für den Vergleich mit dem neugewonnenen Beobachtungsmaterial von 1902/03 sowohl wegen der Identität des Stationsplatzes, als auch hinsichtlich der für die damaligen Instrumente hohen Genauigkeit von großem Wert.

Die deutsche Tiefsee-Expedition auf der „Valdivia“ war seit dem Jahre des Venusdurchgangs die einzige und letzte, welche zu wissenschaftlichen Zwecken Kerguelen besuchte. Magnetische Beobachtungen sind jedoch weder bei dem kurzen Aufenthalt an der Ostküste, noch während der Fahrt durch die umgebenden Gewässer angestellt worden.

### 3. Vorbereitungsarbeiten und Anschlussmessungen in Potsdam.

Die Vorbereitungen für das meteorologische und erdmagnetische Instrumentarium der Kerguelen-Station begannen am 1. Oktober 1900, also fast ein Jahr vor der Ausreise der Expedition. An diesem Tage erfolgte mit dem Eintritt des Verfassers in die Expedition auch seine Überweisung an das Königliche meteorologische und erdmagnetische Observatorium bei Potsdam zur Ausbildung in dem täglichen Beobachtungsdienst beider Abteilungen und zum Studium ihrer Einrichtungen und Apparate.

Zunächst galt es, die Liste des zu verwendenden Instrumentariums mit allem Zubehör zu vervollständigen, von dem ein Teil bereits gleichzeitig mit demjenigen der Hauptexpedition in Auftrag gegeben worden war, und die Pläne für die Observationshäuser auszuarbeiten.

Was hierbei die erdmagnetische Ausrüstung betraf, so mußte für den Umfang derselben der Hauptzweck der Station, als Basis für die gleichen Beobachtungen des „Gauss“ zu dienen, vor allem im Auge behalten werden.

Neben den häufigeren genauen Bestimmungen der absoluten Größen der erdmagnetischen Intensität und ihrer Richtung war deshalb gleichzeitig auch für die Beschaffung einer ununterbrochenen Reihenfolge zuverlässiger Registrierungen der drei wichtigsten Elemente Sorge zu tragen, andererseits gebot sich im Hinblick auf die Eigenschaft als Zweigstation und des für dieselbe nur in kleiner Anzahl verfügbaren Personals eine Beschränkung der ganzen Anlage. Denn so wünschenswert im Interesse gründlicherer Untersuchungen und zur Gewinnung höherer Genauigkeiten eine Vermehrung des Instrumentenbestandes und eine entsprechende Vergrößerung der übrigen Einrichtungen auch sein mochte, so hätte doch die Einhaltung eines umfangreicheren Programms eine beträchtliche Mehrbelastung des Stationsdienstes mit sich gebracht, dessen Durchführung beim Eintreffen unvorhergesehener Vorkommnisse, mit denen eine derartig isolierte Station immer rechnen muß, sehr erschwert oder sogar ganz unmöglich gemacht worden wäre. Aus dieser Überlegung heraus wurden sowohl die Beobachtungen der absoluten Werte als auch die Ablesungen der Variationen des Erdmagnetismus auf nur je einen Satz Instrumente beschränkt.

Der LAMONTSche Theodolit, welcher zu den absoluten Messungen sowohl auf der Station wie im Felde dienen sollte, mußte eine Konstruktion erhalten, welche ihn für diese doppelte Aufgabe in gleicher Weise geeignet machte.

Da er als Stationsinstrument eine genaue Kontrolle über den jeweiligen Stand der empfindlichen Variometer zulassen sollte, mußte er selbst in allen Teilen auf das sorgfältigste gearbeitet sein und entsprechend feine Ablesevorrichtungen erhalten. Andererseits durfte er für die Messungen im Freien weder zu zart noch zu voluminös gebaut sein, damit er gegen die Einflüsse schlechter Witterung widerstandsfähig blieb und auf dem Marsche leichter und sicherer zu transportieren war.

Aus diesem Grunde wurden für die Beobachtungen im Felde eine besondere Deklinationsbusssole mit Spitzenauflagerung und an Stelle der Ablenkungsschienen Deflektoren vorgesehen. Zum Zwecke des leichten Transportes erhielt der Theodolit unter möglichster Beschränkung seiner äußeren Dimensionen eine sehr kompensierte Form, so daß der ganze Apparat sich mit seinen abnehmbaren Teilen in einen bzw. zwei kleine Tragekasten zusammenpacken ließ, wobei noch zugunsten einer weiteren Gewichtsverminderung als Material für das Instrument Magnalium gewählt wurde.

Diese Hauptpunkte, auf deren Einzelheiten noch in einem späteren Kapitel eingegangen wird, waren im wesentlichen für die Anfertigung des bei der Firma TESDORPF in Stuttgart bestellten Theodoliten maßgebend, wobei gleichzeitig auf wertvolle Verbesserungsvorschläge von ESCHENHAGEN Rücksicht genommen wurde. Im Hinblick auf die Witterungsverhältnisse von Kerguelen war es gleichzeitig erwünscht, daß die Lieferung dieses Meßinstrumentes noch vor Ausgang des Winters geschah, um die Anschlußmessungen auch bei entsprechend niedrigen Temperaturen vornehmen zu können. Aus verschiedenen Ursachen schob sich jedoch der ursprünglich verabredete Termin mehr und mehr hinaus. Den Hauptgrund der Verzögerung bildete die schwierige Erlangung einwandfreier Magnaliumgußstücke, für deren Herstellung damals erst wenige Erfahrungen vorlagen. Die einzelnen rohen Gußteile fehlerlos zu erhalten, gelang zumeist erst nach einer Reihe von Fehlversuchen, und schlechte Gußstellen traten oft erst während der Bearbeitung in der Werkstätte zutage, so daß immer aufs neue Ersatzteile bestellt und abgewartet werden mußten. Einigen Aufenthalt verursachte auch die Konstruktion des auf den Theodolit aufsetzbaren Schwingungskastens. Die Verwendung des Magnaliums für die Wände des Kastens oder wenigstens zur Versteifung desselben erwies sich wegen des dadurch bewirkten Induktionseinflusses als unzulässig, so daß schließlich die Anfertigung eines neuen Kastens aus Mahagoniholz erfolgen mußte.

Auf solche Weise verzögerte sich die Ablieferung des fertigen Theodoliten bis zum Sommer. Von Nachteil war diese Verzögerung einmal für die Vornahme der Anschlußmessungen, insonderheit der Bestimmungen der Temperaturkoeffizienten, da bei diesen auf eine Temperatur unter  $18^{\circ}$  nicht mehr hinabgegangen werden konnte; andererseits mußte die Zahl dieser Messungen infolge der Kürze der noch verfügbaren Zeit sehr beschränkt werden. Dieser Nachteil ist jedoch praktisch ohne schädlichen Einfluß geblieben; denn der Vergleich mit den Resultaten der nach der Reise vorgenommenen Messungsreihen und das Verhalten der Konstanten auf Kerguelen geben die Gewißheit, daß größere Änderungen der Apparat- und Magnet-Konstanten während der ganzen Zeit nicht eingetreten sind, durch welche die sonst zu beanspruchende Genauigkeitsgrenze herabgesetzt wird.

Da das auf den Theodolit aufsetzbare Nadelinklinatorium für genauere Beobachtungen auf der Station nicht ausreichte und deshalb nur den Messungen im Felde vorbehalten blieb, so wurde ein WILD'scher Rotations-Erdinduktor in einer von ESCHENHAGEN angegebenen vereinfachten Form aus der Werkstatt von O. SCHULZE in Potsdam beschafft, während das zugehörige, sehr empfindliche Galvanometer nach Entwürfen von EDLER bei G. PLATH in Potsdam in Auftrag gegeben war. Die Anschlußmessungen, welche mit dem Erdinduktor unter teilweise simultanen Vergleich mit demselben Instrument des Potsdamer Observatoriums angestellt wurden, ergaben infolge seiner in allen Teilen exakten Ausführung ein sehr günstiges Resultat.

Die Arbeiten an dem Bau der beiden Observationshäuser waren durch die Firma CONRAD ERBEN in Potsdam schon während des Winters 1900/01 in Angriff genommen worden und soweit vorgeschritten, daß die probeweise Aufstellung der Häuser im Anfang des Sommers erfolgen konnte. Auf größte Einfachheit und geringsten Raumaufwand war bei beiden in erster Linie Gewicht gelegt, sowohl zugunsten einer den schweren Stürmen gegenüber notwendigen Stabilität, als auch zur möglichsten Herabminderung der Transportlasten.

Das Haus zur Unterbringung der absoluten Meßinstrumente fand vorläufige Aufstellung auf dem Bauplatze selbst, während das Variationshaus auf der Beobachtungswiese des Meteorologischen Observatoriums errichtet wurde. Obwohl das letztere Holzhaus doppelte Wände und doppeltes Dach erhielt, so war doch seine ganze Konstruktion derart einfach gehalten, daß die probeweise Aufstellung durch wenige, allerdings geübte Zimmerleute nur einen Zeitraum von fünf Tagen erforderte, wobei freilich die zeitraubende Befestigung des reichlich vorgesehenen Bekleidungsmaterials der Wände unterblieb.

Der Regulierofen wurde ebenfalls nicht in dem Variationshause aufgestellt; seine Prüfung fand vielmehr in den Fabrikräumen der Firma RIETSCHEL und HENNEBERG statt, in welchen mehrere Wochen hindurch Heizungsversuche vorgenommen wurden.

Die drei Magnetometer und die beiden Registrierapparate waren aus der mechanischen Werkstätte von O. TÖPFER u. SOHN in Potsdam rechtzeitig geliefert worden, so daß die Untersuchung der Variometer auf Eisenfreiheit und andere Vorprüfungen bereits erledigt waren, als die Aufstellung des ganzen Registriersystems im Variationshause selbst erfolgte.

Von welchem wesentlichen Vorteil diese probeweisen Aufstellungen waren, zeigte sich bald an mancherlei Abänderungen und Ergänzungen, die sich entweder zur Abwendung dieser oder jener Schwierigkeit direkt als notwendig erwiesen oder im Interesse einer späteren einfacheren Aufstellung der Registrierinstrumente auf engsten Raum, sowie zum Zwecke einer größeren Betriebssicherheit wünschenswert waren. Ein genaues Bild von den Eigenschaften der registrierenden Magnete konnte jedoch aus den Probephotogrammen noch nicht gewonnen werden, da infolge des Fehlens jeglicher Isolationsbekleidung die schnellen und großen Temperaturschwankungen im Variationshause den Verlauf der Kurven störten.

Mitte Juli waren die Vorbereitungsarbeiten beendet; die beiden Observationshäuser wurden um diese Zeit wieder abgebrochen und verpackt. Die Bretter und übrigen Bauteile wurden hierbei zu kleineren, von zwei Mann tragbaren Kollis zusammengelegt und mit Eisenbändern fest umzogen. Eine Verwendung von Drahtstiften aus Messing anstatt eiserner wäre hierbei vorteilhafter gewesen, da die letzteren während der dreimonatigen Seereise verrosteten und im Holze abbrachen, so daß ihre Entfernung später einen größeren Aufwand von Mühe und Zeit erforderte.

Als gegen Ende desselben Monats auch die Anschlußmessungen mit dem Theodoliten beendet waren, wurde das ganze Instrumentarium mit allem Zubehör eingepackt. Diese Arbeiten, welche die mechanische Werkstätte von O. TÖPFER übernahm, bedurften in Anbetracht der langen Seereise und der zweimaligen Umladung in Bremerhaven und Sydney einer besonderen Sorgfalt. Die zur Aufnahme der Instrumente bestimmten Kisten waren aus starkem Holz angefertigt und mit Zinkeinsätzen versehen. Infolge dieser Vorsichtsmaßregeln ist es gelungen, die sämtlichen Apparate unbeschädigt nach ihrem Bestimmungsort zu bringen.

Nach der Rückkehr der Zweigstation von Kerguelen sind dann ebenfalls im Königlichen Observatorium zu Potsdam zahlreiche Anschlußmessungen ausgeführt worden. Die erste Serie von Konstantenbestimmungen des TESDORFF'schen Theodoliten und seiner beiden Ablenkungsmagnete fand im Herbst 1903 statt, eine zweite im März des folgenden Jahres. Weiterhin ist noch die Feststellung des Temperaturkoeffizienten des Horizontal-Intensitäts-Variometers, sowie eine Reihe von Spezialuntersuchungen vorgenommen worden, welche auf die Ermittlung eventuell eingetretener Veränderung der Teilkreise oder anderer Apparateile sich erstreckten.

Für die im Vorstehenden kurz beschriebenen Vorbereitungsarbeiten und die Anschlußmessungen vor und nach der Expedition war es von wesentlichem Vorteil, daß dieselben innerhalb eines stationären, in jeder Beziehung mustergültig eingerichteten Observatoriums, wie desjenigen bei Potsdam, vorgenommen werden konnten. Die Prüfung der Apparate und die Bestimmungen ihrer Konstanten waren auf diese Weise nicht nur sehr erleichtert, sondern auch mit größerer Genauigkeit ausführbar, da zum simultanen Vergleich mit den sorgfältigst kontrollierten Variometersystemen des Observatoriums immer Gelegenheit geboten war. Andererseits waren auch die Apparate sowie die Organisation des ganzen Betriebs, der mit den neuesten Fortschritten auf diesem Gebiet im Einklang stand, in mancher Beziehung maßgebend für die Beschaffung des Instrumentariums und der übrigen Einrichtungen der Kerguelen-Observatorien. Eine ganz besondere Förderung dieser Vorbereitungen war jedoch durch das hilfreiche und in liebenswürdigster Weise betätigte Interesse der leitenden und ausführenden Mitglieder des Potsdamer Observatoriums selbst bewirkt. Es ist bereits oben der dankenswerten Mitarbeit der beiden leider zu früh dahingeshiedenen Professoren ESCHENHAGEN und EDLER gedacht worden, deren Entwürfen und fruchtbaren Ratschlägen ein großer Teil der Instrumente seine Entstehung oder endgültige Form verdankte. Aber auch von seiten der andern Herren wurde uns — dem Erdmagnetiker der Hauptexpedition und mir — bereitwillige Unterstützung gewährt. Wie der Direktor des Meteorologischen Instituts, Herr Geheimrat VON BEZOLD, auf Grund seiner reichen Kenntnisse und Erfahrungen sehr schätzenswerte Winke uns zuteil werden ließ, so waren wir ebenfalls der tatkräftigen Hilfe der sämtlichen Mitglieder der meteorologischen und erdmagnetischen Abteilungen jederzeit gewiß. Insonderheit hat Herr Professor LÜDELING Zeit und Mühe aufgewandt zur persönlichen Mitwirkung bei einem Teil der Anschlußmessungen. Ich kann daher das vorliegende Kapitel nicht schließen, ohne allen diesen Herren für ihr freundlich betätigtes Interesse am Gelingen der mir übertragenen Aufgabe meinen wärmsten, tiefempfundenen Dank auszusprechen. Ich tue es um so lieber, da mir diese Zeit der Vorbereitungen durch das in jeder Weise so liebenswürdige Entgegenkommen aller Herren stets in angenehmster Erinnerung bleiben wird.

#### 4. Die erdmagnetische Ausrüstung der Kerguelen-Station.

Die nachfolgende Liste enthält unter A und B die Zusammenstellung der sämtlichen absoluten und Variations-Instrumente mit ihren Zubehör- und Reserve-Teilen, während unter C die für den regelmäßigen Betrieb der beiden erdmagnetischen Observatorien notwendigen sonstigen Apparate und Utensilien und unter D die Observationshäuser aufgeführt sind.

##### A. Instrumente für absolute Messungen.

##### I. Magnetischer Reisetheodolit aus Magnalium von LUDWIG TESDORFF in Stuttgart.

- a) 1 Theodolit-Unterbau mit 1 Fernrohr und 2 Schätzmikroskopen.
  - 1 Dosenlibelle und 1 Gegengewicht.
  - 1 Deklinationsbussole mit Spitzenauflagerung, 1 umlegbaren Magnetnadel, 1 Reservepinne.
  - 1 Inklinatorium mit 2 Inklinationsnadeln, 1 Klotz zum Ummagnetisieren, 1 Nadelpinzette.
  - 2 Paar Deflektoren mit 2 Röhrenmagneten, 2 Thermometern.
  - 1 Reiterlibelle.
  - 1 schwarzer Planspiegel für Sonnenbeobachtungen.
  - 1 Paar Stabmagnete.
  - 1 Orientierungskompaß.
  - 1 Senkel.
- b) 1 Deklinatorium mit Suspensionsröhre, 2 Deklinationsmagneten und 1 Torsionsgewicht.
  - 1 Schwingungskasten mit Suspensionsröhre, 2 Thermometern, 1 Torsionsgewicht.
  - 2 Ablenkungsschienen mit Schutzrohren, 1 Torsionsgewicht.
  - 2 Röhrenmagnete.
  - 1 Maßstab im Etui.
  - 1 Bussolenlineal.

Diese unter a) und b) angeführten Apparate waren in je einem Tragkasten untergebracht, der noch von einem weich ausgepolsterten Lederkoffer umschlossen war.

Außerdem kamen hinzu:

- 3 starke Stative mit Kopfschrauben und Lederschutzhüllen zur Befestigung des Theodolitunterbaues.
- 1 Untersatz aus Magnalium zur besonderen Aufstellung des Schwingungskastens.
- 1 Kasten mit 1 vergoldeten und 1 unvergoldeten Trägheitsstab aus Bronze.

##### II. 1 Erdinduktor mit Rotationsspule und 2 Schätzmikroskopen von G. SCHULZE, Potsdam.

- 2 Handgetriebe mit 6 biegsamen Achsen.
- 1 Aufsatzlibelle.
- 1 Orientierungsbussole.
- 2 Schleifbürsten und 1 Spulenstiel zur Reserve.
- 2 Federn zur Federbüchse.

Sämtliche Teile waren in einem verschließbaren kleinen Spind eingepaßt.

Außerdem wurde von derselben Firma geliefert:

- Ein 2 m hohes Messingstativ mit 2 Aufsatzplatten für Erdinduktor und Galvanometer mit verstellbaren Beinen und Fußplatten mit Kugelgelenk.

- III. 1 Galvanometer mit 4 Induktionsspulen und astatischem Nadelpaar von G. PLATH, Potsdam.

**B. Instrumente für die Variationsbestimmungen.**

- I. 1 komplettes Registriersystem von O. TÖPFER & SOHN, Potsdam.
- 1 Deklinometer mit Suspensionsröhre, doppeltem, arretierbarem Magnetspiegel, 1 Mirenspiegel, 1 Kupferdämpfer, 1 Thermometer.
  - 1 Horizontal-Intensitäts-Variometer von gleicher Form.
  - 1 Vertikalvariometer mit Wagemagnet, Kupferdämpfer, 1 aufgeschliffenen Magnetspiegel und 1 Mirenspiegel.
  - 1 Bourdonröhre mit Spiegel.
  - 2 Registrieruhren für 2- und 24-stündigen Walzenumlauf mit Zylinderlinse und Zeitmarkenvorrichtung.
  - 2 Spallampen mit verstellbarer Spaltöffnung.
- II. Zubehör- und Reserveteile für die Variationsinstrumente von O. TÖPFER & SOHN, Potsdam.
- 3 Variometerstative mit verstellbaren Kopfplatten.
  - 3 kleine bronzene Untersatzgestelle für die letzteren.
  - 2 große bronzene Untersatzgestelle für die Registrierapparate.
  - 1 kupferner Thermostat.
  - 1 Bock zum Aufziehen der Quarzfäden.
  - 1 Fernrohr mit Skala zum Justieren der Variometer.
  - 1 Ablenkungsschiene mit Magnet für Skalenwertsbestimmungen.
  - 6 Rahmen aus Aluminium für die Magnetspiegel.
  - 10 Variometermagnete, versilbert.
  - 3 Spindeln für die Torsionsköpfe der Suspensionsröhren.
  - 12 Gangfedern für die Registrieruhren.
  - 1 Einziehvorrichtung und eine Anzahl Uhrmacherwerkzeuge.

**C. Sonstige Apparate und Utensilien.**

- I. Elektrische Apparate von PAUL HARDEGEN, Berlin:
- 45 verbesserte Leclanché-Elemente.
  - 150 m dreiadriges Kabel.
  - Eine Anzahl Kontaktknöpfe.
  - 12 kleine weiße und 12 rote Glühlampen.
  - 3 kleine Telephonstationen.
  - 1 Fortschellwecker zum Anschluß an den Thermograph.
  - 1 Signalvorrichtung für den Thermograph.
- II. Thermometer von R. FUESS, Steglitz.
- 6 freie Thermometer.
  - 2 Extremthermometer. } auf 2 Zehntel Grade geteilt
  - 1 Thermograph.

## III. Chronometer.

- 1 ausrangierter Chronometer Hornby Nr. 411 mit Unruhbremse.
  - 1 Chronometer Bröcking Nr. 1330.
  - 1 „ Frodsham u. Baker Nr. 6149
  - 1 „ Hewitt Nr. 865
- } freundlichst geliehen von dem englischen  
Observatorium bei Kapstadt.

## IV. Photographische Registrierpapiere mit Entwickler von Dr. STOLZE, Charlottenburg.

- 24 Blechbüchsen mit je 2 Monatsgängen Bromsilberpapier 19 × 55 cm.
- 50 kg Eisenvitriol.
- 10 kg oxalsaures Kali.
- 10 kg unterschwefligsaures Natron.
- 2 kg Zitronensäure.
- 1 kg Natriumbisulfit.
- 100 g Bromkalium.

## V. 2 Kisten mit aufgespannten Quarzfäden. Cambridge Scientific-Instrument-Company, Cambridge.

## VI. Eisenfreie Beleuchtungskörper, Hängelampen. FISCHBACH, Potsdam.

## D. Observationshäuser von CONRAD ERBEN, Potsdam.

## I. Variationshaus. .

## II. Absolutes Haus.

## Zubehör:

## Isolationsmaterial.

52 qm Korksteinplatten, 10 cm stark, GRÜNZWEIG u. HARTMANN, Ludwigshafen.

30 m Linoleum, 2 m breit, Delmenhorst bei Bremen.

112 m präparierte Segelleinwand, 1,15 m breit, FALKENBERG, Berlin.

## III. Heizanlage:

Kupferner Regulierofen mit dreifachem Schornsteinrohr, RIETSCHEL u. HENNEBERG, Berlin.

## Ersatzteile:

6 kupferne Feuerkörbe.

6 „ Mittelstücke.

6 „ Rosteinsätze.

6 „ Zugschutze.

## 5. Aufbau der erdmagnetischen Observatorien der Kerguelen-Station.

Am 9. November 1901 erreichte der Lloydampfer „Tanglin“, auf dem sich von den Mitgliedern der Kerguelen-Station der Meteorologe Herr ENZENSBERGER und der Verfasser sowie der Matrose WIENCKE befanden, mit der gesamten für die Zweigstation bestimmten Ausrüstung von Sydney aus nach vierwöchiger Reise Kerguelen.

Auf Grund eines mit der Haupt-Expedition verabredeten Planes richtete der Dampfer seinen Kurs in den im Südosten der Insel gelegenen weiten Royal-Sound, der mit seinen zahlreichen Inseln und Buchten nach Westen zu auf eine Länge von fast 30 km in den Hauptkern der Insel hineinreicht. Da die in seiner Mitte gelegenen, ursprünglich für die Anlage der Station in Aussicht

genommenen Inseln des „Drei-Insel“-Hafens in mancherlei Hinsicht zu diesem Zweck nicht geeignet erschienen, so wurde die Fahrt noch am selben Tage in westlicher Richtung fortgesetzt, bis der „Tanglin“ in die am Kopf des Royal-Sound belegene Beobachtungsbucht (Observatory-Bay) einlief und derselben Stelle der Südküste gegenüber vor Anker ging, auf der im Jahre 1874 die englische „Volage“-Expedition zur Beobachtung des Venusdurchganges ihre Station aufgeschlagen hatte.

Orientierungsmärsche, welche im Laufe der ersten Tage nach der Ankunft in das Ufergelände und seine angrenzende nähere Umgebung nach verschiedenen Richtungen unternommen wurden, führten bald zu der Überzeugung, daß der alte, von jener englischen Expedition gewählte Ort allen anderen Plätzen gegenüber entschieden Vorzug verdiente. Angesichts seiner übrigen vielseitigen Vorteile erschien es nach den früheren Berichten nicht wahrscheinlich, daß in anderen Gegenden des Insellandes sich ein besserer und besonders für die Ausführung der erdmagnetischen Beobachtungen geeigneterer Stationsplatz finden würde.

Die Gewinnung ganz ungestörter geomagnetischer Absolutwerte wird in Anbetracht des jungvulkanischen Charakters dieses Insellandes, auf welchem die scheinbar regellos zerstreuten basaltischen Höhenzüge und Felskuppen in einer durch die Wirkungen nachfolgender Vergletscherung beeinflussten wilden Zerrissenheit auftreten, sich nur innerhalb weiterer Genauigkeitsgrenzen erreichen lassen. Denn alle diese dicht nebeneinanderliegenden, zumeist nur durch enge Talenkungen getrennten niedrigen Lavaberge stellen mit ihren horizontal übereinandergeschichteten eisenhaltigen Basaltdecken kleinere oder größere durch den Erdmagnetismus induzierte Magnete dar, die auf den normalen Verlauf der Kraftlinien in nächster Umgebung ihren störenden Einfluß ausüben. Aus diesem Grunde erklärt sich auch — wie wir in dem Kapitel über die älteren Beobachtungen gesehen haben — die Abweichung der um dieselbe Zeit auf verschiedenen Stellen von Kerguelen durch frühere Expeditionen erzielten Messungsergebnisse. Da die meisten dieser Beobachtungen im Freien angestellt wurden, mußte der Standpunkt für dieselben entweder in der Nähe einer vor den heftigen Winden Schutz bietenden Bergwand gewählt werden, wodurch ein Lokaleinfluß unvermeidlich war, oder das Instrument erlitt bei seiner Aufstellung auf einem freieren und mehr der Ungunst des Wetters ausgesetzten Platze zu beträchtliche Erschütterungen, um überhaupt einen schärferen Vergleich der Messungsergebnisse zu ermöglichen.

Nach dem heutigen Stande der Kenntnisse über den Gebirgsmagnetismus gilt die Annahme für sehr wahrscheinlich, daß der störende Einfluß magnetisch induzierter Gesteins- und Felsmassen schon in verhältnismäßig geringer Entfernung schnell abnimmt und unwirksam wird, zumal wenn die Erhebung derselben über dem Erdboden nur gering ist. In dieser Hinsicht bot das in einer durchschnittlichen Höhe von beiläufig 13 m über dem mittleren Wasserstand des Royal-Sound plateauartig ausgedehnte Ufergelände günstige Gelegenheit zu einer freieren Aufstellung des Hauses für die absoluten Instrumente. Wie der Situationsplan [Tafel V] zeigt, zog sich im Norden und Nordosten des Platzes der Küstensaum der „Beobachtungsbucht“ hin, während nach Osten zu das Uferplateau sich in einen breiten Streifen zwischen der Bucht und dem niedrigen, abseits im Südosten belegenen Grafenberg (46 m<sup>1)</sup>) fortsetzte. Erst hinter diesem erhob sich weiter im Süden die tafelförmig langgestreckte Kuppe des Telegraphenberges (85 m), der vom

<sup>1)</sup> Die in Klammern hier angeführten Höhen sind auf die Höhe des magnetischen Theodolits reduziert, welcher sich 15 m über dem Spiegel des Royal-Sound befand.

Beobachtungsplatz durch den „Stationssee“ und den an diesen angrenzenden „Schwarzen See“ getrennt war.

Zu größeren Bedenken hinsichtlich einer Lokaltörung gab der westlich vom „Stationssee“ in nordsüdlicher Richtung verlaufende „Magnetberg“ Anlaß, dessen nördlicher Teil bei der auf zehn Punkten seiner allerdings unmittelbarsten Umgebung angestellten provisorischen Vermessung einen ablenkenden Einfluß bis zu einigen Graden der Deklination ergeben hatte. Um deshalb dem Wirkungsbereich dieses in seinem höchsten Punkte 64 m über dem Stationsplateau sich erhebenden Bergrückens zu entgehen, wurde das absolute Observatorium möglichst nach Osten hinausgerückt, wodurch es auch gleichzeitig von dem an die Nordspitze des Magnetberges durch ein Verbindungsloch angeschlossenen und um die Hälfte niedrigeren „Stationsberge“ hinreichend entfernt blieb. Auf diesem freigelegenen Platze war allerdings das Holzhaus der unverminderten Wucht der zahlreichen Stürme ausgesetzt, aber infolge seiner Bauart und seiner soliden Konstruktion, die an späterer Stelle noch beschrieben wird, ist weder eine nennenswerte Beschädigung, noch eine Verschiebung des Hauses während der ganzen Zeit vorgekommen.

Im Gegensatz zu dem sehr exponierten absoluten Haus war für das Variationshaus ein möglichst geschützter Platz ausgesucht worden.

Da die Aufgabe des letzteren darin besteht, die periodischen und unregelmäßigen Schwankungen der erdmagnetischen Krafrichtung und Intensität in bezug auf eine zunächst nur relativ gegebene Basislinie festzustellen, deren endgültige Bewertung erst durch die Kontrolle der unbeeinflussten absoluten Meßinstrumente zu geschehen hat, so konnte bei der Platzwahl dieses Observatoriums die Rücksicht auf einen lokalen Störungseinfluß mehr hintangesetzt werden. Wie weit man allerdings hierbei gehen darf, ist eine Frage, die sich ohne ein umfassendes und sorgfältiges Studium über den Anteil des induzierten und des permanenten Magnetismus des dort vorkommenden Gesteins nicht entscheiden läßt. Die praktische Lösung des Problems kann aber auch hier schließlich nur zu relativen Resultaten führen, da ein gewisser Einfluß des geologischen Aufbaues des ganzen Inselsockels, also der örtlichen Verbreitung von magnetisch wirksamen Schichten im Innern desselben, ebenfalls in Frage kommt und auf diese Weise für jede einzelne Gegend besondere Werte der Variationsbeeinflussung zu berechnen wären. Eine solche Erörterung minutiöser Fragen lag jedoch zunächst außerhalb der für die Kerguelen-Station in Betracht kommenden Aufgaben.

Vor allem mußte hier der Gesichtspunkt im Auge behalten werden, einen den überaus schwierigen Witterungsverhältnissen gegenüber möglichst gesicherten Ort ausfindig zu machen, der eine erschütterungsfreie Aufstellung der Instrumente zuließ, und der die Erhaltung einer das ganze Jahr hindurch gleichmäßigen oder doch nur in den geringsten Amplituden schwankenden Temperatur garantierte. Eine unterirdische Anlage wäre natürlich das Vorteilhafteste gewesen; allein eine solche verbot sich, abgesehen von dem großen Arbeitsaufwande, von selbst sowohl durch den Mangel tieferen Erdreichs, das sich an den meisten Stellen nur als dünne Humusdecke vorfand, als auch, beim Vorhandensein einer größeren Erdschicht, durch den hohen Wasserstand, der in den überall auftretenden Süßwasserseen und Tümpeln in die Erscheinung trat.

So war es ein weiterer wichtiger Vorteil des gewählten Stationsplatzes, daß sich in einer geringen Entfernung von nur etwa 160 m von dem am Fuße des Stationshügels errichteten Wohnhause eine Stelle fand, die den bezeichneten Anforderungen für eine zweckmäßige Anlage

des Variationshauses hinreichend entsprach. Der Platz war an der Ostseite des Magnetberges gelegen, von diesem also vor den aus Nordwest und West kommenden häufigsten Winden geschützt, während die zwar vereinzelt, dafür aber mit jäher Wucht vom Royal-Sound her hereinbrechenden orkanartigen Oststürme durch den im Osten vorliegenden Stationsberg abgehalten wurden. Im Norden bildete die jochartige Verbindung zwischen den beiden genannten Bergen eine weitere Schutzwand nach dieser Himmelsgegend, so daß der Platz auf drei Seiten von Berghängen umschlossen war, während die vierte, die Südseite, nach dem „Stationssee“ hin offen lag; sie wurde aber nur äußerst selten und dann meist von Winden geringer Stärke getroffen.

Gegenüber diesen beiden Vorzügen, der geschützten Lage, durch welche Erschütterungen und plötzlichen Abkühlungen vorgebeugt wurde, und der Nähe des Wohnhauses, welche ein häufiges Kontrollieren des ganzen Betriebes ermöglichte, fand sich der einzige Nachteil, daß der Boden durch den hohen Wasserstand des Stationssees und die von den umschließenden Berghängen herabfließenden Gewässer sehr sumpfig war. Die erstere Ursache dieses Übelstandes ließ sich indessen durch Tieferlegung des Seeniveaus leicht beheben; es bedurfte nur weniger Spatenstiche, um den Abfluß des Sees in die Observatory-Bay zu vertiefen. Und um auch das rings herabsickernde Bergwasser unschädlich zu machen, wurde der Platz des Variationshauses mit einem schmalen Graben umzogen (vergl. Fig. 1), der



K. Luyken phot.

Fig. 1. Blick auf die beiden erdmagnetischen Observatorien (vom NO.-Abhang des Magnetberges aus gesehen).

mit der Westecke des Stationssees durch einen entsprechend tiefen Abzugskanal verbunden wurde. Die durch das Ausgraben gewonnene Erde wurde als Schutzwall rings um die Außenwände des Hauses aufgeschüttet.

Bevor die Einrichtung der beiden Observationshäuser eingehend beschrieben wird, möge hier zunächst eine chronologische Aufzählung der Bauarbeiten eingeschoben werden.

#### A. Arbeiten am Variationshaus.

1901. Dez. 11. u. 12. Der Humusboden wird auf dem abgesteckten Platze ausgehoben.

„ „ 12. bis 17. Die Grundswellen werden verlegt und nivelliert, die Wand- und Fußbodenstiele eingesetzt und durch Querriegel verbunden. Auflegen der Fußbodenbalken und des Dachstuhls.

1901. Dez. 18. u. 19. Die sämtlichen Holzverbandstellen werden durch Holzsplinte befestigt. Die zu großen Tafeln verspundeten Wand- und Bedachungsbretter werden angebracht und mit Messingschrauben und Holzsplinten angezogen. Im Isoliergang werden die Dielen verlegt.
- „ „ 20. Der kupferne Regulierofen mit Schornstein wird gesetzt, der letztere durch seitlich ausgespannte Drähte gesichert. In den Fußboden des Isolierganges werden die Ventilationsgratings eingelassen. Die Korksteinplatten werden in die Wandfüllungen der Seitenwände eingesetzt und auf das Dach aufgelegt.
- „ „ 21. Abreise des „Tanglin“.
- „ „ 22. bis 24. Die Ritzen und Fugen zwischen den Korksteinplatten und dem Holz werden mit Werg kalfatert.
- „ „ 27. Der Entwässerungsgraben, nördlich vom Stationshaus, wird angefangen. Das Dach und die beiden Längswände (auf der Nord- und Südseite) werden mit Linoleum und präparierter Segelleinwand fertig umzogen.
- „ „ 28. Dieselbe Bekleidung wird an der östlichen Giebelwand angebracht und die Durchgangsöffnung des Schornsteins durch das Dach abgedichtet.
- „ „ 29. u. 30. Die Innenseite der Eingangstüre erhält eine Korkpolsterung; die westliche Giebelwand wird mit Linoleum und Leinwand bezogen und die Stoßfugen der letzteren mit leimhaltiger Ölfarbe gestrichen. Die vier Innenwände erhalten ebenfalls einen Leinwandbezug.
- „ „ 31. Die bronzenen schweren Untergestelle werden ausgepackt. Ein Satz findet auf der Eingangsdiele provisorische Aufstellung.
1902. Jan. 2. Die Beleuchtungslampen werden ausgepackt und zusammengesetzt.

Bei der Ausführung dieser vorstehenden Arbeiten hatten die drei Mitglieder der Station während der Liegezeit des „Tanglin“, also bis zum 21. Dezember, zumeist nur den einzigen europäischen Matrosen, einen deutschen Zimmermannsgesellen, zur Hülfe; die übrige chinesische Mannschaft des Schiffes konnte nur zum Transport des Materials Verwendung finden. Die Leistung eines chinesischen Schiffszimmermanns beschränkte sich lediglich auf die Ausbesserung kleinerer beim Transport verursachter Beschädigungen.

Vom 21. Dezember bis 2. Januar waren die drei Mitglieder bei der Fortsetzung der Einrichtung auf sich allein angewiesen. Von dem letzten genannten Tage ab, an welchem die Ankunft des Expeditionsschiffes „Gauss“ erfolgte, wirkten an den weiteren Arbeiten außer dem der Station zugeteilten Schlosser URBANSKY zeitweise auch die beiden Zimmerleute des Schiffes mit, während Herr ENZENSBERGER, der bisher in bereitwilligster Weise am Bau des Variationshauses mitgeholfen hatte, von jetzt ab durch die Instandsetzung des meteorologischen Instrumentariums und die Vorbereitung des regelmäßigen Beobachtungsdienstes in Anspruch genommen wurde.

- „ „ 4. Der Bau des Windfangs vor der Eingangstüre des Variationshauses wird durch die beiden Schiffszimmerleute in Angriff genommen und im Laufe der nächsten Tage vollendet.

1902. Jan. 5. bis 9. Registrierapparat II, sowie Wage und Seismograph werden ausgepackt, instand gesetzt und provisorisch aufgestellt zur Ermittlung der genauen Dimensionen der Fundamente.
- „ „ 10. bis 17. Probeaufstellung des Registrierapparates I und der beiden übrigen Magnetometer. Die Fundamente für beide Instrumentenserien werden aufgemauert.
- „ „ 18. Zwei durch Sturm abgerissene Bekleidungsstreifen der westlichen Giebelwand werden aufs neue befestigt.
- „ „ 18. bis 25. Das Trocknen der gemauerten Fundamentschichten wird durch starke Heizung des Hauses beschleunigt.
- Darauf erfolgt die Aufstellung des gesamten Instrumentariums, das nach einigen Proberegistrierungen wieder herausgenommen wird. Nur die Untergestelle bleiben stehen und werden festgekipst.
- „ „ 26. Der Fußboden des Innenhauses wird gelegt, wobei die Ausschnitte rings um die hervorragenden Säulenköpfe der Untergestelle mit Filz abgedichtet werden.
- „ „ 27. Der Fußboden wird mit Linoleum bespannt.
- „ „ 28. u. 29. Aufbau des Innenhauses, dessen Dach und Außenwände mit Leinwand umzogen werden.
- Die Innenwände werden mit Korkschat ausgepolstert.
- „ „ 30. u. 31. Die Apparate werden mit den Stativen auf die Untergestelle wieder aufgesetzt und die Magnetometer mit Asbestkästen umgeben.
- „ Febr. 1. u. 2. Proberegistrierungen werden angestellt.
- „ „ 3. Beginn der regelmäßigen Registrierung.
- „ „ 4. u. 5. Anlage der elektrischen Batterie und der Licht-, Signal- und Telephonleitungen.
- „ „ 6. Aufstellung des eisenfreien Thermographen mit Signalvorrichtung.

#### B. Arbeiten am absoluten Haus.

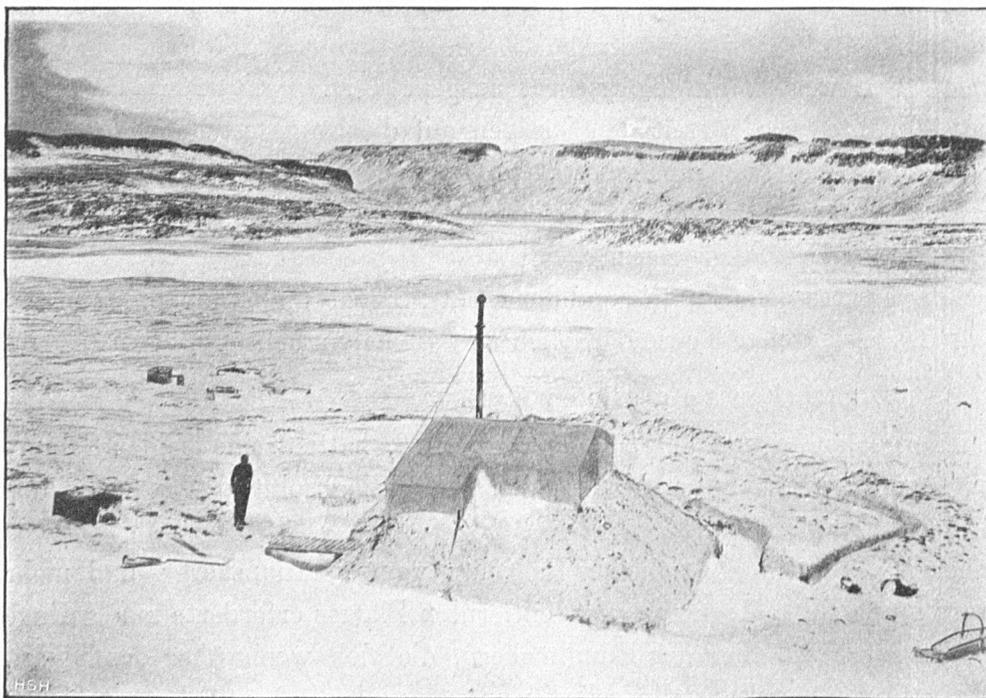
Bevor der „Gauss“ die Kerguelen-Station am 31. Januar verließ, hatten seine beiden Schiffszimmerleute in den letzten Tagen des genannten Monats den Bau des absoluten Observatoriums in Angriff genommen und im Rohbau vollendet.

Die Nivellierung des etwa 100 m in südöstlicher Richtung vom „Stationsberg“ und mehr als 250 m vom Fuß der Nordkuppe des „Magnetberges“ entfernten Platzes erforderte nur geringe Zeit. Das Terrain der Umgebung bestand hier aus Rundhöckern, die sich wenig über das Niveau des Uferplateaus erhoben; der Boden der Baustelle selbst war von vulkanischem Schutt gebildet, der als feste und ebene Schicht zwischen den Rundhöckern abgelagert war. Es bedurfte für die beiden geübten Zimmerleute nur weniger Tage, um den im Vergleich zum Variationshaus viel einfacheren Holzbau aufzuführen. Nach der Abreise des „Gauss“ erfolgten dann die weiteren Einrichtungsarbeiten hauptsächlich durch den Schlosser URBANSKY während der ersten Hälfte des Februar. Die acht Seitenflächen und das pyramidenförmige Dach wurde von außen mit präparierter Segelleinwand umzogen. Nach der Aufstellung der Stative für die absoluten Messungen wurde der Bretterfußboden gelegt. Da gleichzeitig noch kleinere Ergänzungsarbeiten im Variationshaus erforderlich waren, verzögerte sich der Anfang der absoluten Messungen bis zum 16. Februar. An diesem Tage wurde die erste Deklinationsbestimmung vorgenommen.

## II. Das Variationshaus und seine Einrichtung.

### 1. Die Konstruktions- und Isolations-Vorkehrungen.

Die drei Variometer, welche die Schwankungen der Deklination und der beiden rechtwinkligen Komponenten der erdmagnetischen Kraft registrieren, sind infolge ihrer von ESCHENHAGEN



K. Luyken phot.

Fig. 2. Das magnetische Variationshaus auf Kerguelen (von Norden aus gesehen).

vorgeschriebenen Bauart zu einer Aufstellung geeignet, welche die gleichzeitige Aufzeichnung aller drei Kurvenphotogramme auf einen einzigen Registrierbogen zuläßt. Die Magnetometer werden dabei — der verschiedenen Brennweite ihrer Linsen entsprechend — dem Registrierapparat gegenüber in einer Reihe hintereinander so placiert, daß die von der Spaltlampe ausgehenden Lichtstrahlen ungehindert sowohl die einzelnen Instrumente erreichen, als auch von diesen auf die Registrierwalze reflektiert werden können. Der Vorteil dieser vereinfachten und gedrängten Aufstellung liegt in der Raumersparnis und der Verwendung nur eines einzigen Registrierapparates. Von Nachteil ist dagegen die Vereinigung so vieler Kurven auf einen einzigen Bogen, — denn es treten gleichzeitig noch drei Basislinien und eine Temperaturkurve hinzu — insofern, als bei größerer Empfindlichkeit der Variometer an Tagen stärkerer Schwankungen die sichere Trennung der durcheinanderlaufenden Linien schwer ist. Außerdem bleibt der Einfluß des größeren Magneten der Wage auf denjenigen des ihr zunächst stehenden Variometers bei solchen

ungehindert sowohl die einzelnen Instrumente erreichen, als auch von diesen auf die Registrierwalze reflektiert werden können.

Der Vorteil dieser vereinfachten und gedrängten Aufstellung liegt in der Raumersparnis und der Verwendung nur eines einzigen Registrierapparates. Von Nachteil ist dagegen die Vereinigung so vieler Kurven auf einen einzigen Bogen, — denn es treten gleichzeitig noch drei Basislinien und eine Temperaturkurve hinzu — insofern, als bei größerer Empfindlichkeit der Variometer an Tagen stärkerer Schwankungen die sichere Trennung der durcheinanderlaufenden Linien schwer ist. Außerdem bleibt der Einfluß des größeren Magneten der Wage auf denjenigen des ihr zunächst stehenden Variometers bei solchen

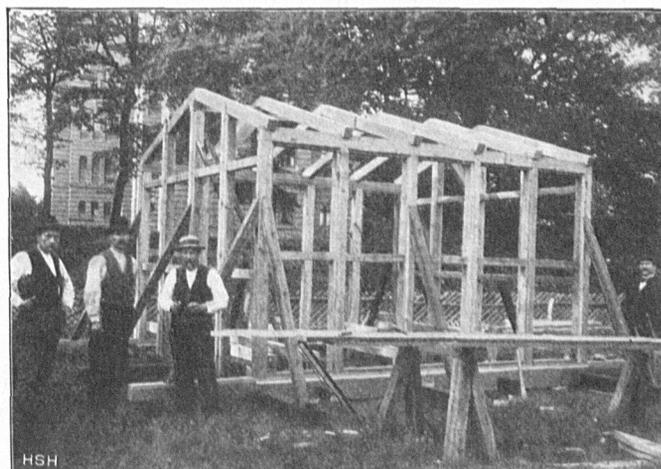
stärkeren Bewegungen nicht mehr konstant, wodurch die Auswertung der Kurven sich sehr kompliziert. Bei der Gestaltung des Grundrisses für das Variationshaus auf der Kerguelen-Station machten sich neben diesen Nachteilen noch andere Bedenken gegen eine derartige Aufstellungsweise geltend. Das Haus hätte dann im Verhältnis zu seiner nur geringen Breite eine große Tiefe haben müssen, so daß der Grundriß die Form eines länglichen schmalen Rechtecks erhielt. Hierdurch wäre einerseits seine Stabilität sehr vermindert worden, da die beiden ausgedehnten Längswände den starken Winden unverhältnismäßig große Angriffsflächen boten, und andererseits hätte auch die durch die letzteren veranlaßte intensivere Abkühlung für eine zweckentsprechende Heizungsanlage zur Erhaltung der konstanten Temperatur Schwierigkeiten bereitet.

So wurde von der Aufstellung sämtlicher Variationsinstrumente in einer Reihe abgesehen und die Trennung in zwei parallele Serien mit je einem Registrierapparat geplant. Das Deklinometer und vor ihm das Horizontal-Intensitätsvariometer erhielten ihren Platz der einen Uhr (Nr. I) gegenüber, während die Wage mit dem eingebauten Thermographen und außerdem noch ein eisenfreier Seismograph in Form eines Horizontalpendels, von ESCHENHAGEN konstruiert, auf die Walze des anderen Apparates (Nr. II) registrieren sollten. Die beiden Registrieruhren standen hierbei in der Diagonale zueinander, so daß die Wage mit ihrem größeren Magneten von den beiden anderen Variometern möglichst weit entfernt blieb und auf deren Magnete keinen Einfluß mehr ausüben konnte (vergl. Taf. I und II). Durch diese Anordnung war die Gestalt des Grundrisses als einfaches, fast quadratisches Rechteck von selbst vorgezeichnet.

Um auf die Ausführung der Holzkonstruktion des kleinen Hauses (Fig. 3) etwas näher einzugehen, so bestand der Unterbau zunächst aus fünf quer zur Längsachse gerichteten Grundschnellen von quadratischem Querschnitt, in welche drei ebensolche in der Längsrichtung verlaufende Balken rechtwinklig eingekämmt waren. Da dieselben zum Zwecke einer erhöhten Stabilität etwas in den Erdboden eingegraben wurden, waren sie mit Karbolineum imprägniert und erhielten später während des Baues noch einen Teeranstrich. Das von den Grundschnellen so umschlossene Rechteck, welches in seinen äußeren Dimensionen 4,0 m zu 4,20 m betrug, war mit seiner Längsachse

rechtwinklig zum magnetischen Meridian verlegt. Aus jeder der vier Seiten ragten noch drei Balkenenden ein kleines Stück heraus zur Aufnahme der die Seitenwände stützenden Windstreben.

In dem das Rechteck umgebenden Außenrahmen standen auf jeder Seite sechs bzw. fünf Wandstiele, deren obere Enden bei den Längswänden von je einem horizontal liegenden Balken umfaßt wurden, während sie bei den Giebelseiten gleich in die Dachsparren eingezapft waren. Zur weiteren Verstärkung der Wände waren diese Stiele noch untereinander durch eingelassene Querriegel verbunden, die — unter Abrechnung eines außen verlaufenden, zolltief ausgesparten Falzes — die gleiche Dicke der Stiele und Balken hatten. Das einfache Satteldach bestand



K. Luyken phot.

Fig. 3. Das magnetische Variationshaus während seiner provisorischen Aufstellung in Potsdam.

aus zwölf paarweis unter einem stumpfen Winkel gegeneinander stoßenden Dachsparren, die einerseits auf die oberen Rahmenhölzer der Längswände, andererseits auf dem Firstbalken selbst aufgekämmt waren. Die einzölligen Bretter für die Verschalung der Außenwände waren gruppenweise zusammengefaßt und zu großen Tafeln verspundet, die genau zwischen die Stiele einpaßten, welche zum Zwecke einer sicheren Befestigung die schon erwähnten Falze besaßen. Auf den beiden Dachflächen lagen je zwei in gleicher Weise hergestellte Tafeln mittels Nut und Feder verbunden; sie waren quer zu den Sparren gerichtet und schlossen am Rande scharf mit diesen ab, da zugunsten der späteren Überspannung mit Leinwand jede vorspringende Kante vermieden werden mußte. Die auf der nach Norden gerichteten Längswand am meisten nach links befindliche Tafel war als Eingangstüre eingerichtet.

Im Innern des Hauses befand sich in Fußhöhe über den Querschwellen eine gleiche Anzahl von Dielbalken zur Befestigung der Fußbodenbretter. Die letzteren waren so geschnitten, daß ein Teil rings an den Wänden entlang den Isoliergang bedeckte, während ein zweiter den Bodenbelag des Innenhauses bildete. Die Konstruktion dieses zweiten eingebauten, zur eigentlichen Aufnahme des Instrumentariums bestimmten Hauses war höchst einfach gehalten, so daß seine Errichtung erst nach Vollendung der Vorbereitungsarbeiten und der Justierung der Apparate erfolgen konnte und dann nur die Zeit eines halben Tages erforderte (vgl. Taf. II).

Die nur 8 cm breiten und 6 cm dicken Wandstiele standen mit Zapfen in Holzleisten, welche rings am Innenrand des Isolierganges festgeschraubt waren; oben wurden die Pfähle in einer Höhe von 2 m von horizontalen Rahmenhölzern zusammengehalten. Auf den letzteren lagen dann die Dachbretter, welche mittels Nut und Feder dicht aneinandergeschoben waren, während der Zwischenraum zwischen den Wandstielen in derselben Weise wie beim Außenhause mit Verschalungstafeln ausgefüllt wurde. Von der Mitte des Eingangsflures aus, der im Gegensatz zu dem die drei übrigen Wände umziehenden, nur 40 cm breiten Isoliergang auf 110 cm erbreitert war, führte eine Tür in das Innenhaus.

Als Material des in solcher Weise konstruierten Holzbaues war für die Grundswellen, sowie für das Dach und die Außenwände amerikanisches Pitchpine gewählt worden, da dieses harzreiche Holz den Einflüssen der Feuchtigkeit gegenüber sehr widerstandsfähig ist. Für die in das Innere eingebauten Holzteile genügte die Verwendung des deutschen Fichtenholzes. Die Holzverbände waren durch starke Holzsplinte gesichert; die Befestigung der Bretter und Füllungstafeln sollte durch Messingschrauben geschehen; ihr ganzer, reichlich bemessener Vorrat war jedoch auf der weiten Reise irgendwo — wahrscheinlich bei der Umladung in Sidney — in Verlust geraten, so daß nun zum Teil Holznägel oder Stifte aus Messing- oder Kupferdraht, die mit einigem Aufwand von Zeit und Mühe erst angefertigt werden mußten, notdürftigen Ersatz bildeten.

Die Isolierungsstoffe, welche zum Schutze des Variationshauses gegen die Einflüsse des gefürchteten Kerguelenwetters in reichlicher Menge vorgesehen waren, kamen in doppelter Weise, nämlich zur Ausfüllung und zur Bekleidung der Wände in Anwendung.

Für den erstgenannten Zweck wurden große, 10 cm dicke Platten aus Korkstein benutzt, die schon in der Fabrik auf die geeigneten Maße zugeschnitten waren, so daß die einzelnen Stücke in die Hohlräume der Außenwände, welche von den Stielen und Querriegeln umrahmt wurden, genau einpaßten. Sie wurden dabei dicht an die von außen gegenliegenden Verschalungs-

tafeln herangeschoben, wodurch die Innenseite der Platten mit dem sie umgebenden Holzrahmen eine einzige glatte Fläche bildeten. Da die Platten sich nur mit einiger Reibung dicht einfügen ließen und vereinzelt auftretende Spalten und Ritzen sofort mit Werg auskalfatert wurden, war ein Herausfallen nicht zu befürchten, das außerdem durch die spätere Bekleidung der Innenwände mit FALKENBERGScher Leinwand ganz außer Frage kam. Auf jede Dachseite wurden ebenfalls solche Korksteintafeln von quadratischer Form in zwei Reihen nebeneinander aufgelegt, wobei auch hier durch die spätere Bespannung eine besondere Befestigung unnötig wurde.

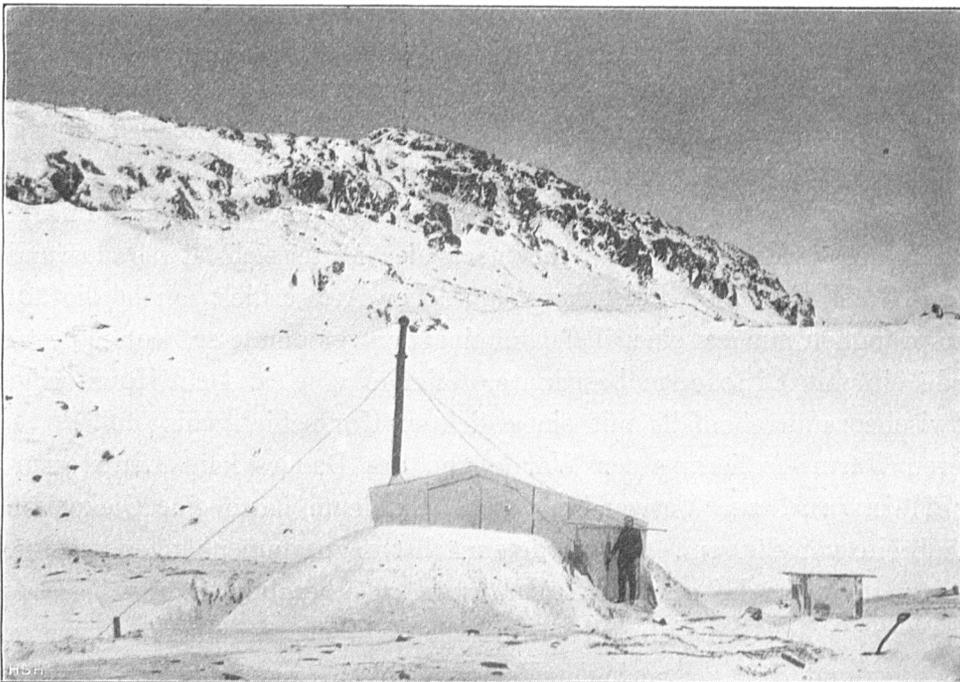
Zur Ausfüllung der weniger tiefen Hohlfelder in den Wänden des Innenhauses war loser Korkschrot verwendet. Die Innenseiten erhielten zu diesem Zweck zunächst einen Bezug mit Leinwand von dunkelbrauner Farbe, um schädliche Lichtreflexe von dem photographischen Registrierpapier fernzuhalten; der Korkschrot wurde dann, während das Bespannen von unten auf begann, in die so entstehenden Zwischenräume hineingeschüttet. Die Befestigung der Leinwand geschah mittels schmaler Leisten von Asbestpappe, welche auf den Stielen und Querriegeln aufgenagelt wurde; der Korkschrot sackte dabei mehr zusammen und mußte nachgefüllt werden, so daß schließlich aus jeder Wandfläche die nach der Mitte sich etwas ausrundenden Polster hervortraten (vgl. Tafel II). Eine Polsterung ähnlicher Art erhielt auch die äußere Eingangstüre, welche ursprünglich nur aus einer Tafel miteinander verspundeter Bretter bestand. Auf ihrer Innenseite wurde ein mit Linoleum bespannter Rahmen von ca. 4 cm Höhe aufgesetzt und der so gebildete Zwischenraum ebenfalls mit einer dichten Korkschicht ausgefüllt.

Zur weiteren Wärme-Isolierung der Wände und des Daches kam Linoleum und FALKENBERGSche Segelleinwand zur Verwendung. Das Linoleum hatte eine Dicke von etwa 0,3 cm und eine Bahnenbreite von 200 cm. Es wurde zunächst in zusammenhängenden Stücken quer über das Satteldach gezogen, so daß es, über die Längswände herabfallend, auch diese noch bedeckte. Auf diese Weise trug jede Bahn sich selbst, und die Zahl der Stoßfugen wurde zugunsten einer besseren Abdichtung und des nur geringen Vorrates an Messingstiften sehr eingeschränkt. Nur für die Giebelwände mußten die Streifen einzeln zugeschnitten und angehängt werden. Jedoch geschah hier die Aufnagelung zunächst nur provisorisch mit Eisenstiften, die der Kontrolle halber gezählt und später bei der Auflage eines zweiten Bezuges von Segelleinwand wieder herausgenommen wurden, worauf dann die Befestigung beider Umkleidungen mittels Messingstifte erfolgte. Zum Belag der Dielen im Isoliergange und des Fußbodens im Innenhause wurde ebenfalls Linoleum benutzt, das sich hierbei an die Seitenwände mit seinem aufwärts gebogenen Rande fest anlegte, um so eine von unten her wirkende Abkühlung zu vermeiden.

Einen letzten Bezug erhielt das Variationshaus durch eine Umspannung mit FALKENBERGScher Leinwand. Diese sogenannte Leinwand war eine Art Nessel, dessen Gewebe mit einer die Poren verschließenden Substanz imprägniert war, und das auf beiden Seiten einen dick aufgetragenen Anstrich von glänzender Ölfarbe besaß. Das Präparat war undurchlässig gegen Wind und Regen und behielt diese Eigenschaft auch während der ganzen Zeit des Gebrauchs bei; nur bedurfte es einer sehr sorgfältigen Befestigung, da es sonst leicht einriß.

Die Umkleidung des Daches und der Außenwände geschah in derselben Weise wie bei dem Linoleum, jedoch war die Zahl der benutzten Bahnen wegen ihrer geringeren Breite nur eine entsprechend größere. Die Benagelung erfolgte mittels schmaler, über die Stoßfugen gelegter Streifen aus Holz oder Asbestpappe, so daß ein Durchgleiten der kleinen Nägelköpfe vermieden

wurde. An den Innenwänden war diese Leinwand in horizontaler Bahnrichtung aufgehängt, wobei wieder zur Vermeidung der Stoßfugen jede einzelne Bahn in einem zusammenhängenden Stück an sämtlichen vier Seiten entlanggezogen wurde. Zum Schluß erhielten auch noch die Außenwände des Innenhauses einen solchen Bezug, der hier am einfachsten dadurch bewerkstelligt war, daß die einzelnen Bahnen rechtwinklig zueinander in nordsüdlicher und ostwestlicher Richtung über das Innenhaus geworfen wurden; das Dach war auf solche Weise mit einer doppelten Lage bedeckt; die Befestigung der Ränder erforderte nur geringe Arbeit, da eine besondere Beanspruchung durch Wind oder Regen hier natürlich nicht zu befürchten war.



K. Luyken phot.

Fig. 4. Das magnetische Variationshaus auf Kerguelen (von Süden aus gesehen).

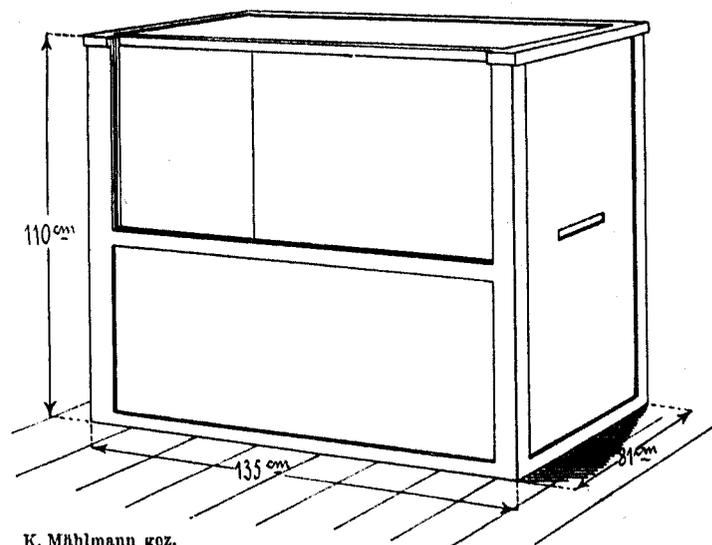
Auf diese Weise war das im Variationshaus aufgebaute Instrumentarium durch acht isolierende Schichten aus fünf verschiedenen Stoffen geschützt, die hier in ihrer Reihenfolge von innen nach außen der zusammenfassenden Übersicht halber nochmals aufgezählt seien: Korkschrötpolster (6 cm; in der Mitte bis zu 10 cm), Fichtenholzbretter (2,5 cm), zwei Lagen FALKENBERGSche Leinwand (getrennt durch den Isoliergang), Korksteinplatten (10 cm), Pichepinebretter (2,5 cm), Linoleum (0,3 cm), FALKENBERGSche Leinwand.

Neben diesen zahlreichen Lagen war natürlich noch von besonderer Wichtigkeit der rings um das ganze Haus aufgeschüttete Erdwall und der um das Innenhaus führende Isoliergang, in welchem die zirkulierende Luft mit Hilfe der regulierbaren Heizung auf möglichst gleichmäßige Temperatur gehalten wurde. Um aber auch beim Öffnen der beiden Türen plötzliche Temperaturschwankungen zu vermeiden, war zunächst vor der äußeren Eingangstüre ein Windfang vorgebaut, der außerdem zur Unterbringung der galvanischen Licht- und Klingelbatterie und zur täglichen Besorgung der Registrierlampen wichtige Dienste leistete. Zur Abhaltung des hineinwirbelnden Schnees war seine offene Seite noch mit einer Gardine aus weißem starken Nessel zugespannt worden (Fig. 4). Gleich hinter der Eingangstüre, deren

Randfugen mit besonderen, von weichem Stoff umkleideten Stoßleisten abgedichtet waren, hing ein Vorhang aus Barchent, auf den noch eine weitere, schräg die Ecke abschneidende Portiere aus dickem roten Biberstoff folgte. Eine ebensolche Portiere befand sich gleich hinter der Mitteltüre zum Innenhause. Später wurden noch die Kanten auf der Nordseite des Innenhauses mit breiten Barchentstreifen umspannt, da diese Seite am ehesten der Abkühlung ausgesetzt war (vgl. Tafel II).

Obwohl die Magnete der Variometer sich in dichtschließenden Metallgehäusen befanden, so erschien es doch notwendig, die Instrumente mit besonderen Isolierkästen zu umgeben, um plötzliche Temperaturschwankungen, die während des Aufenthaltes des Beobachters in dem nur kleinen Raum leicht verursacht werden konnten, unschädlich zu machen. Die Apparatenpaare vor den beiden Registrieruhren wurden daher je mit einem großen Kasten umbaut, dessen Wände aus 0,3 cm dicken Calmon-Asbestplatten bestanden, welche in die Nuten großer Holzrahmen eingelassen waren (Fig. 5). Die nach innen gerichtete Längswand war durch eine horizontale Verstärkungsleiste halbiert; das obere Plattenstück konnte gleich einem Schiebefenster emporgehoben und auch ganz entfernt werden, so daß die Variometer für die Vornahme der Skalenwertsbestimmungen bequem erreichbar waren (Tafel II). Mit Rücksicht auf diese Messungen hatten auch die Dimensionen des Kastens entsprechend groß gewählt werden müssen, weil seine Wände von der herumkreisenden Ablenkungsschiene nicht berührt werden durften. Seine Länge betrug daher 135 cm bei einer Breite von 81 cm. Der Deckel befand sich 110 cm über dem Boden, so daß die Köpfe der Suspensionsröhren noch hinlänglichen Spielraum hatten. Auf der dem Registrierapparat zugewandten Stirnseite war in geeigneter Höhe ein länglicher, schmaler Ausschnitt angebracht, der nur so groß war, um den Lichtstrahlen der Spaltlampe freien Ein- und Ausgang zu ermöglichen. Zwischen Kasten und Magnetograph war zur täglichen Bedienung des letzteren hinreichend Raum vorhanden.

Ein besonderer Vorteil dieser Kasten war es noch, daß sie die subtilen Magnetometer gegen jeden mechanischen Stoß sicherten, für den sonst in dem engen dunkeln Raum nur allzu leicht Gelegenheit gegeben war. Der Boden im Innern der Kasten war mit einer dicken Schicht von lockerem zerzupften Kesselfilz bedeckt, so daß eine Abkühlung von unten her ausgeschlossen blieb. Beide Deckel dienten in sehr erwünschter Weise als geräumige Tische, auf denen neben den sonst zum Termin notwendigen Instrumenten, wie Chronometer, Thermometer, Thermograph, auch die photographischen Papiere, Terminbücher etc. hinreichend Platz fanden.



K. Mählmann gez.

Fig. 5. Schutzkasten aus Asbest für die Magnetometer.  
(Die vordere Schiebetüre ist herausgehoben.)

## 2. Die Heizungsanlage des Variationshauses.

Für die Gewinnung einwandfreier Beobachtungen der erdmagnetischen Variationen ist es bekanntlich von fundamentaler Wichtigkeit, die Temperatur der registrierenden Magnete entweder

ganz konstant zu erhalten oder doch wenigstens ihre Schwankungsamplituden auf ein Minimum herabzusetzen. Vollziehen sich diese kleinen Schwankungen nur langsam, so hindern sie eine sichere Auswertung der magnetischen Kurven um so weniger, je genauer die Temperatur für jeden ihrer Punkte zu ermitteln ist, und je genauer der Reduktions-Koeffizient der einzelnen Magnete bekannt ist.

Im Hinblick hierauf empfiehlt es sich bei der Einrichtung eines oberirdischen Variations-Observatoriums, den Instrumentenraum mit einem Isoliergang zu umgeben, in welchem die zirkulierende Luft durch automatisch sich selbst regulierende Gasöfen gleichmäßig erwärmt bleibt. Größeren Vorzug verdient eine unterirdische Anlage, da hier die völlig umgebende Erdschicht einen guten Schutz gegen die veränderliche Witterung darbietet. Der Einfluß der durch die jährliche Schwankung bewirkten, nur langsam vor sich gehenden Temperaturänderung wird sich dann durch den Vergleich mit den absoluten Kontrollmessungen in Form einer entsprechend langsamen Standänderung hinreichend genau feststellen lassen. Bei vollkommeneren Einrichtungen, wie zum Beispiel im Potsdamer Observatorium, findet man beiderlei Vorsichtsmaßregeln vereinigt, so daß auch die unter der Erde registrierenden Variometer noch mit einem durch Thermostaten regulierten Isoliergang umgeben sind.

Gerade diese beiden wichtigen Hilfsmittel der unterirdischen Anlage und der automatisch arbeitenden Gasöfen kamen für das Observatorium auf Kerguelen natürlich außer Betracht. Der Ersatz der schützenden Erddecke mußte daher in der Auskleidung des Hauses mit reichlichem, die Wärme schlecht leitenden Material gesucht werden, dessen Beschreibung bereits im vorigen Kapitel erfolgt ist. Die Frage, inwieweit die Heizung des eingebauten Isolierganges vermittels eines Kohlenofens zweckmäßig sein werde, bedurfte einer eingehenden Überlegung. Der im Laufe ein und desselben Tages öfter und schnell wechselnden Witterung gegenüber mußte es zweifelhaft bleiben, ob selbst die so zahlreichen Isolierungsschichten hinreichenden Schutz bieten würden. Einer plötzlichen Abkühlung durch künstliche Heizung des Isolierganges vorzubeugen, blieb daher wohl wünschenswert, andererseits konnte jedoch eine solche Heizvorrichtung sehr zum Nachteil gereichen, wenn sie nicht genau und sicher regulierbar war. Somit hing die Entscheidung in letzter Instanz von der weiteren Frage ab, ob sich bei dem heutigen Stand der Heiztechnik die Konstruktion eines unter allen Umständen sicher funktionierenden eisenfreien Regulierofens ermöglichen ließ. Der bekannten Firma RIETSCHEL & HENNEBERG in Berlin gelang es auf Grund ihrer reichen Erfahrungen auf diesem Gebiet, durch die Herstellung eines jenen Ansprüchen im wesentlichen völlig genügenden Heizkörpers der schwierigen Frage eine positive Lösung zu geben. Da das sichere Funktionieren der Heizungsanlage für den Erfolg der erdmagnetischen Arbeiten von so großer Bedeutung war, sei hier im Hinblick auf eine eventuelle Verwertung bei späteren Expeditionen eine ausführliche Beschreibung derselben eingefügt (Fig. 6 u. 7).

Die Heizungsanlage besteht im wesentlichen aus dem eigentlichen Ofen und der Vorrichtung zum Zuführen der Verbrennungsluft und zur Ableitung der Rauchgase. Die zur Herstellung benutzten Materialien sind Bronze, Rotguß, Kupfer, Zink und Zinn, während Eisenteile jedweder Art streng vermieden sind. Der Ofen hat bei einer Höhe von 1,20 m (einschl. der Füße) einen quadratischen Querschnitt von 0,5 : 0,5 m. Der Mantel ist aus Bronzeplatten zusammengesetzt; der nach hinten zu liegende Rauchkanal, sowie die mit dem Feuer in direkte Berührung kommenden Teile, wie Feuerkorb, Rost und die Mündung des Fülltrichters, bestehen

aus reinem Kupfer. Da für den Fall einer stärkeren Heizung diese letztgenannten Teile einer schnellen Abnutzung ausgesetzt sind, so war für jedes Stück eine sechsfache Reserve vorgesehen.

Auf der vorderen Seite sind vier Türen übereinander angebracht, die oberste (F) führt zum Fülltrichter, dient also zur Beschickung des Ofens, die nächsten beiden (C und B) besitzen Glimmerfenster, um die Kontrolle der Feuerung zu ermöglichen, während die unterste (P) für die Entfernung der Asche bestimmt ist.

Die Regulierung der Verbrennung des zur Heizung verwendeten Anthrazits und der Ein- und Abströmung der Luft und der Rauchgase geschieht durch den an der rechten Seite des Ofens angeordneten Regulator (R), mit welchem eine Anzahl von Platten und Schiebern gekuppelt ist. Von diesen stellt die Kaminklappe (K) die direkte Verbindung des Herdes mit dem Rauchrohr her, der Luftschieber (L) reguliert den Zutritt der Verbrennungsluft und die Klappe (G) vermittelt im Bedarfsfalle die Zuführung von kalter Luft an den Rost. Außerdem befindet sich neben der schon erwähnten Klappe (K) eine (in beiden Abbildungen nicht sichtbare) Öffnung, welche, stets frei, den Feuergasen den Austritt in das Rauchrohr gestattet, dieselben jedoch gleichzeitig zwingt, die ganze Rückwand des Ofens zu bestreichen. Die Konstruktion des Schornsteins, welcher auch die Zuführung der Verbrennungsluft vermittelt, ist ebenfalls aus Figur 6 und 7 zu ersehen. Es lassen sich hier vier Hauptteile unterscheiden:

1. Der Unterteil des Rauchrohres (T) mit oberem Luftmantel, Deckendurchführung (H), Tragwinkeln (E) und Schutzkappe (J).
2. Schornsteinpaßstück (Q), ebenfalls mit Luftmantel.
3. Oberteil (O) mit Lufteintrittsklappe (U), mit Rauchkappe (M) und Ösen zum Einziehen der Befestigungsdrähte.
4. Luftzuführungsrohr (V) mit Drosselklappe (W), das auf dem seitlich am Ofen angebrachten Anschlußkasten aufsteht.

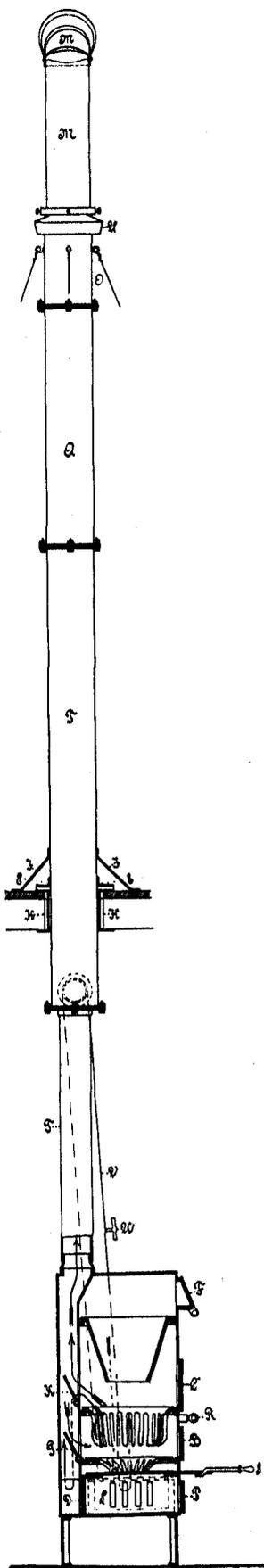


Fig. 6. Kupferner Regulierofen für das Variationshaus. (Längsschnitt.)  
VON RIETSCHEL & HENNEBERG, Berlin.

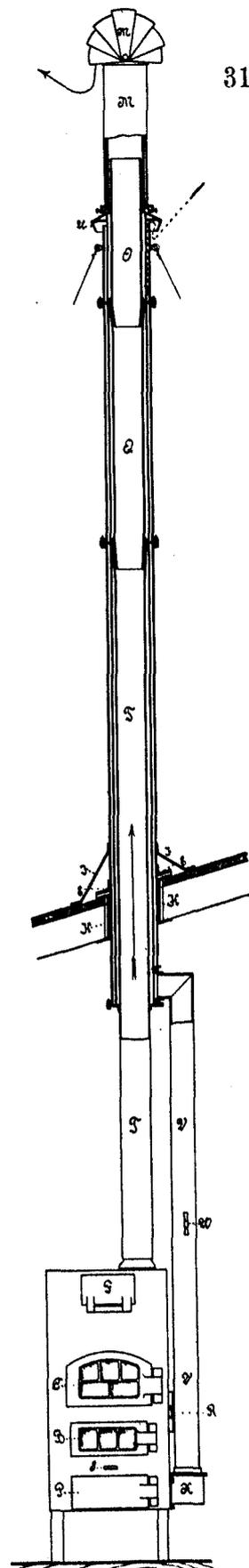


Fig. 7. Kupferner Regulierofen für das Variationshaus. (Ansicht.)  
VON RIETSCHEL & HENNEBERG, Berlin.

Zum Ausgleich der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung des Schornsteins ist sein unteres Ende teleskopartig ausgebildet, so daß ein zu starker Druck gegen das Dach und eine dadurch veranlaßte Undichtigkeit des letzteren vermieden wird. Das Gewicht des Schornsteins wird durch sechs angenietete Knaggen auf das Dach übertragen, welche der Schräge desselben angepaßt sind. Seitlich an dem schon genannten Rauchrohre befindet sich der untere Teil des Luftrohres, welches an beiden Enden mittels Messingschrauben befestigt ist, während sich die Kompensation der Längenausdehnung in der Mitte des Rohres vollzieht. Die in das letztere eingeschaltete Drosselklappe hat den Zweck, bei unvorhergesehenen Fällen den völligen Luftabschluß zu ermöglichen; während des normalen Betriebes bleibt sie geöffnet.

Der Oberteil des Rauchrohres trägt sowohl die Haube (U) für den Lufteintritt als auch für den Rauchaustritt die Haube (M), welche je nach der Richtung des Windes einstellbar ist. Von größerem Vorteil wäre es noch gewesen, wenn diese Einstellung automatisch durch eine an der entsprechenden Seite angebrachte Windfahne hätte erfolgen können. Beide Hauben sind so ausgeführt, daß ein Eindringen von Schnee weder in den Luft- noch in den Rauchkanal möglich ist. Während des regelmäßigen Betriebes geschieht die Zuführung der Verbrennungsluft und die Ableitung des Rauches nach vier auf dem Regulator bezeichneten Abstufungen: „sehr stark“, „stark“, „mittel“, „schwach“. Die verschiedenen Klappen stellen sich hierbei in folgender Weise ein:

„Sehr stark“: Die Klappen R und W sind geöffnet, G bleibt geschlossen.

„Stark“: Die Klappe W ist geöffnet, während R und G geschlossen sind. Die Rauchgase nehmen jetzt ihren Weg durch die bei R liegende Öffnung A in den Schornstein.

„Mittel“: Die Klappen R und G sind vollständig, L ist nur teilweise geschlossen.

„Schwach“: Die Klappen R und L bleiben geschlossen, während G jetzt geöffnet ist.

Der Fülltrichter des Ofens war hinreichend groß, daß er bei normalem Betriebe erst nach 24 Stunden eine neue Beschickung erfordert hätte; doch war es zweckmäßig, schon in kürzeren Zwischenräumen eine Nachfüllung vorzunehmen, da ein Heruntersinken der letzten frischen Kohle bis auf den Röst eine zu starke Erhitzung des Ofenmaterials oberhalb des Feuerungskorbes bewirkt hätte.

Der Regulierofen war Mitte Januar 1902 angeheizt worden und wurde von dieser Zeit an bis zum Abbruch des Instrumentariums am 22. Februar 1903, also volle 13 Monate hindurch, ununterbrochen in Betrieb gehalten. Obwohl die Normaltemperatur 19° 5 betrug, genügte es doch zumeist, den Regulator auf „Schwach“ zu stellen, also das Feuer möglichst klein zu halten, nur an besonders kalten und stürmischen Tagen war eine Verstärkung des Feuers notwendig. So kam es auch, daß trotz der Verwendung von weniger feuerbeständigem Ofenmaterial die Abnutzung desselben so gering war, daß während der ganzen Betriebszeit kein einziger der reichlich vorgesehenen Reserveteile benötigt wurde. Im Durchschnitt wurde am Tage eine kleine Holzkanne voll Kohlen zum Nachfüllen gebraucht.

Zu allen Terminzeiten des Tages, also um 9 a. m., 1 p. m. und 6 p. m., sowie früh morgens und am späten Abend wurde die Feuerung revidiert, außerdem bei allen Besuchen des Observatoriums, die zum Auflegen von Feinregistrierungs-Bogen oder aus andern Anlässen erforderlich waren. Die Überwachung und Bedienung des Ofens geschah das ganze Jahr hindurch ausnahmslos durch den Beobachter selbst; denn nur dadurch, daß eine Person

allein jegliche Regulierung selbständig versah unter gleichzeitiger Beobachtung der an den verschiedenen Stellen des Variationshauses angebrachten acht Thermometer, war es möglich, in Anbetracht der wechselvollen Witterung im voraus ein relativ sicheres Urteil über das Maß der Regulierung zu gewinnen.

Der Platz des Regulierofens befand sich am Ende des Eingangsflurs gegenüber der Außentüre (Tafel I). Der Bretterfußboden war an dieser Stelle herausgeschnitten und um einen halben Fuß gesenkt worden. Von dem Eingangsflur sowohl als auch von dem seitlich einmündenden Isoliergang wurde der Ofen durch besondere Türen abgetrennt, so daß er von einem viereckigen Schachte umgeben war, dessen Wände zur Vermeidung der direkten Bestrahlung und der Feuersgefahr mit Asbestpappe von CALMON ausgekleidet waren. Die in diesem Schachte erwärmte Luft konnte daher hier nur aufwärts steigen, wodurch die kalte Luft von unten her durch den Ausschnitt des Fußbodens herangesaugt wurde. Die sich über dem Dach des Innenhauses verteilende warme Luft sank allmählich in den Isoliergängen, sich mehr und mehr abkühlend, herab und gelangte endlich an vier verschiedenen Stellen durch Gratings unter den Fußboden, um von dort aufs neue dem Ofen wieder zuzuströmen. Sowohl an der Wand des Ofenschachtes als auch in der diagonal gegenüberliegenden Ecke des Isolierganges waren Thermometer angebracht, die bei normaler Luftzirkulation eine konstante Differenz von zwei bis drei Grad aufweisen mußten, woraus sich ein weiterer Anhalt für die Regulierung des Ofens ergab.

Zur Kontrolle der Temperatur des Innenhauses dienten neben den in die Variometer selbst eingebauten Thermometern drei andere, ein Maximum-, ein Minimum- und ein freies Thermometer, während außerdem noch ein FUESSSCHER Thermograph, der mit einer elektrischen Signalvorrichtung ausgerüstet war, Aufstellung gefunden hatte.

### 3. Elektrische Anlagen.

Die zeitweise Beleuchtung des Variationshauses während der Termine oder sonstigen Kontrollbesuche des Beobachters geschah vermittelt einer elektrischen Lichtanlage, deren Kraftquelle aus 45 großen Leclanché-Elementen mit Beutelnkohlen bestand. Diese Batterie hatte auf einem Tisch im Windfang Aufstellung gefunden (vgl. Tafel I). In der ersten Hälfte des Beobachtungsjahres lieferte sie hinreichend Strom, so daß auch während der zumeist längere Zeit beanspruchenden Skalenwertsbestimmungen die Ablesung mit Hilfe von Glühlampen vorgenommen werden konnte. Später ermattete sie jedoch bedeutend trotz häufiger Revision und Erneuerung der Salmiaklösung. Gegen Ende des Jahres reichte der Strom nur noch zu den notwendigsten Beobachtungen aus, zu den Ablesungen der Thermometer und den Uhrvergleichen.

Für die übrigen Verrichtungen diente dann eine sehr kleine Petroleumlampe zum Ersatz, deren Flamme, nicht größer als die einer Kerze, von einem Metallzylinder umhüllt war, der nur durch einen seitlichen mit einer Linse verschlossenen Stutzen das Licht austreten ließ, so daß die photographischen Registrieruhren vor Nebenlicht geschützt blieben.

Von einem Schaltbrett neben der Eingangstüre führte die Leitung in das Innere des Variationshauses und verzweigte sich hier zu den verschiedenen Thermometern, deren Beleuchtung kleine Glühlampen von sechs bis acht Volt Spannung bewirkten, die durch Federkontakt eingeschaltet wurden. Von den Deckeln der Asbestkasten hingen diese Lampen mit roten

Glasbirnen dicht neben den Magnetometern herab, so daß ihre Thermometer mit Hilfe eines kleinen Fernrohrs durch entsprechend angebrachte Öffnungen von oben her leicht abgelesen werden konnten. Weiterhin war noch eine rote Handlampe an einer langen Schnur angeschlossen, welche dem Beobachter für die Eintragungen in das Terminbuch und sonstige Manipulationen diente.

Fünf Becher der oben beschriebenen galvanischen Batterie waren noch besonders geschaltet, um den Strom für die Klingel- und Telephonleitung zu liefern. Diese Leitung war gleichzeitig mit einer Signalvorrichtung verbunden, welche größere Temperaturschwankungen

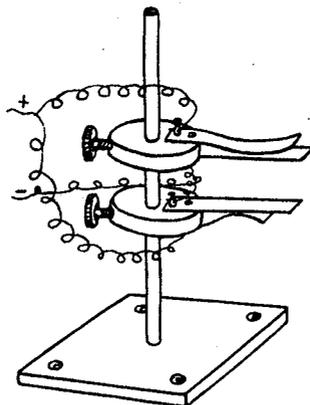


Fig. 8. Kontaktstativ des Thermographen.

rechtzeitig anzuzeigen hatte. An dem im Innenhause aufgestellten eisenfreien Fuessschen Thermographen war zu diesem Zweck ein kleiner Kontaktapparat angebracht, wie er aus Fig. 8 ersichtlich ist. Eine kleine Drahtstange ist mittels einer Fußplatte auf den Boden des Thermographen aufgeschraubt und trägt zwei hintübergeschobene Kautschukringe, die durch kleine Arretierschrauben in beliebiger Höhe klemmbar sind. Jeder dieser Ringe besitzt zwei voneinander isolierte Federlamellen aus dünnem Platinblech, welche nur äußerst wenig voneinander entfernt sind.

Bei der normalen Temperatur des Innenhauses von  $19^{\circ}.5$  waren die Ringe so gestellt, daß ihre einander zugewandten Federn leicht den Schreibhebel berührten. Diese beiden inneren Streifen waren an das eine, die äußeren an das zweite Ende der Kabelleitung angeschlossen, welche von hier zum Wohnhaus in die Schlafkammer des Erdmagnetikers führte und dort mit einer Alarmklingel in Verbindung stand. Sobald der Schreibhebel bei Änderungen der Temperatur um etwa ein Grad aus der normalen Lage heraustrat, setzte er die beiden oberen oder unteren Lamellen miteinander in Kontakt und damit den Wecker in Tätigkeit.

Für die beiden Observatorien und das Wohnhaus war außerdem je eine Telephonstation vorgesehen, welche für den Fall besonderen Nutzen erlangt hätte, daß die einzelnen Häuser in größerer Entfernung errichtet werden mußten. Da sie ferner während der absoluten Messungen eine schnelle Verständigung mit dem Beobachter der Variationsinstrumente ermöglichen sollten, wurden die Apparate gleich zu Anfang der Zeit angebracht, blieben aber außer Gebrauch, weil in Anbetracht des so ruhigen Verlaufs der magnetischen Kurven auf eine simultane Okularbeobachtung verzichtet wurde.

### III. Beschreibung des Registriersystems.

Die Trennung der Variationsinstrumente in zwei parallele Reihen mit je einem Registrierapparat war, wie bereits früher bemerkt wurde, im Hinblick auf eine zweckmäßige Gestaltung des Grundrisses und zugunsten einer größeren Entfernung des Wagemagneten von den beiden anderen Variometern geschehen. In der Nordwestecke des Innenhauses (vgl. Tafel I) stand der Registrierapparat I, vor diesem, 109 cm entfernt, das Horizontal-Intensitätsvariometer und 61 cm hinter demselben das Deklinometer.

Diagonal dem ersten gegenüber, also in der Südostecke, befand sich in einem Abstände von 170 cm von der Registrieruhr II die Wage und zwischen beiden der Seismograph. Durch diese Anordnung der Registrierapparate wurden die zugehörigen Spallampen ganz in die Ecken hinausgerückt, so daß die Variometer ihrer Wärmestrahlung am wenigsten ausgesetzt waren.

Die Ausführung einer sicheren Fundierung der Instrumente gab zu mancherlei Bedenken Anlaß. Unter der ausgehobenen Humusdecke befand sich noch eine Erdschicht von ungleichmäßiger Dicke zwischen  $\frac{1}{2}$ , bis  $\frac{3}{4}$  m. Da das Erdreich nicht fest genug war, die schweren Untergestelle ohne ein nachträgliches Einsenken zu tragen, so lag der Gedanke nahe, diese Schicht gänzlich auszugraben und das unterliegende Gestein als natürliches Fundament zu benutzen. Es war jedoch unwahrscheinlich, eine auch nur einigermaßen ebene Gesteinsfläche anzutreffen und die künstliche Herstellung einer solchen hätte diese ohnehin schon zeitraubenden Arbeiten noch erheblich mehr in die Länge gezogen. Als das beste Fundierungsmittel mußte daher unter den gegebenen Umständen eine große Steinplatte erscheinen, welche auf den festgestampften Erdboden aufgelegt wurde. In einem Falle stand eine derartige Platte auch zur Verfügung, es war ein Fundamentstück des Passagepfeilers, welcher von der früheren „Volage“-Expedition herrührte. Diese Platte war groß genug, dem Untergestell der Registrieruhr I als Unterlage zu dienen. Die anderen Sockel mußten hingegen aus einer doppelten Lage von Ziegelsteinen, die von derselben Expedition noch herstammten, aufgemauert werden, wobei das Bindemittel aus Chamotte und Gips bestand. Für je ein Paar der kleinen Untersatzstative wurde jedesmal ein solcher Sockel hergestellt. Ein Ausweichen des darunter befindlichen festgestampften Erdreichs und ebenso ein Eindringen von Feuchtigkeit und Frost verhinderte ein Ring von kleinen Holzpfählen, welcher nach Art eines Pfahlrostes vorher eingerammt war, und in den der Sockel eingebaut wurde. An den Stellen, wo die Fußenden der Stative aufstanden, waren zur Verteilung des Druckes und zur Vermeidung eines nachträglichen Einbohrens in die Sockel große Porzellanteller aufgegipst, deren glatte Flächen beim späteren Justieren der Instrumente eine wesentliche Erleichterung boten; denn die schweren Bronzeuntersätze ließen sich mit geringer

Mühe auf den Tellern verschieben, wobei kleine zwischengelegte Scheiben von Asbestpappe ein Einritzen und Springen der Glasur verhinderten. Nach beendeter Justierung wurden die Teller mit Gips ausgefüllt, so daß ein nachträgliches Verrücken der Stative völlig ausgeschlossen war.

### 1. Die Bronzeuntergestelle.

Bei dem geringen Gewicht der Variometer und Apparate erfordert die Vornahme der Skalenwertsbestimmungen, sowie der täglichen Terminarbeiten in dem kleinen dunkeln Raum große Vorsicht des Beobachters, da ein versehentlicher Stoß die erzielten Resultate leicht wertlos machen kann. Um einer derartigen Betriebsstörung vorzubeugen, wurde daher die Beschaffung sehr schwerer Untergestelle aus Bronze geplant, welche einmal durch ihr Gewicht der ganzen Apparataufstellung eine größere Trägheit geben, zweitens den leichten Instrumenten-Stativen einen sicheren Stützpunkt gewähren und drittens noch die Unebenheiten des Bodens durch eine geeignete Verstellbarkeit der Füße ausgleichen sollten. Jedes Untergestell bestand aus einem schweren Rahmen in Form eines Dreiecks, auf dessen Ecken 40 cm hohe Säulen mit Hilfe dicker Kopfschrauben aufgesetzt waren. (Fig. 9 und 10.) Die Säulenköpfe, welche noch zur weiteren

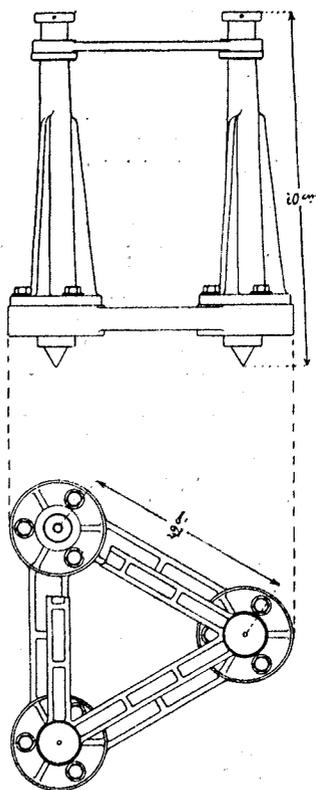


Fig. 9. Bronzeuntergestell für die Magnetometer.  
(Grundriß und Aufriß.)  
Von O. TOEPFER-Potsdam.

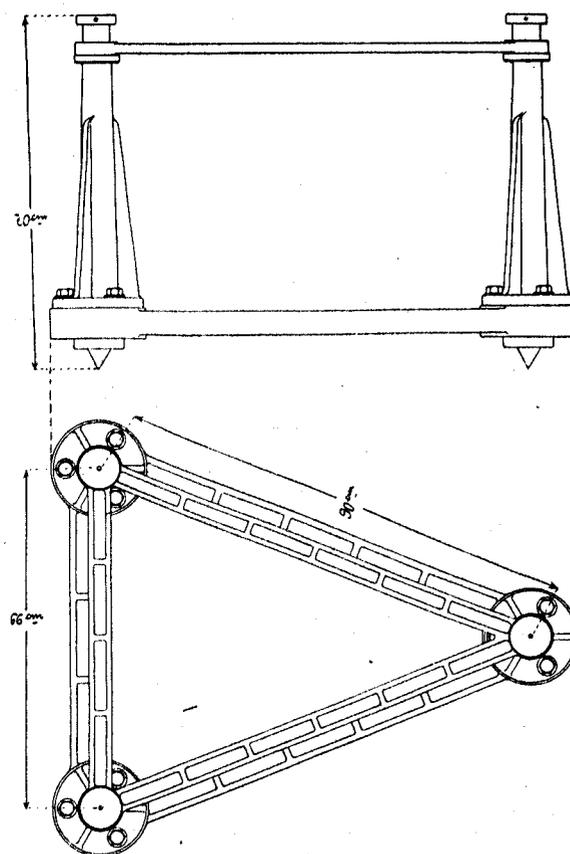


Fig. 10. Bronzeuntergestell für den Magnetograph.  
(Grundriß und Aufriß.)  
Von O. TOEPFER-Potsdam.

Versteifung von einem oberen Rahmen umfaßt wurden, trugen kleine Kopfplatten, die mittels eines Gewindes und entsprechend dicker Zwischenscheiben auf verschiedene, durch das Nivellement erforderliche Höhen eingestellt werden konnten. Gleichzeitig enthielten diese Kopfplatten in ihrer

Mitte kleine Vertiefungen, in welche die spitzen Fußenden der Instrumentenstative unverrückbar einpaßten.

Diese Variometer-Stative waren aus eisenfreiem Messing hergestellt. Die röhrenförmigen Füße, unten mit massiven Spitzen versehen, waren oben in den Stativkopf durch Scharniere beweglich und mit Flügelschrauben klemmbar eingefügt. In dem letzteren war auch eine vertikale kurze Messingröhre verschiebbar, welche den zur Aufnahme des Variometers bestimmten Stativteller trug, und welche ebenfalls durch eine Flügelschraube in geeigneter Höhe arretierbar war. (Vgl. Fig. 14 a. S. 46.)

Bei den Registrierapparaten waren je drei Füße direkt an die Unterseite der Kasten aufgeschraubt, so daß ihre Höhe derjenigen der Variometer entsprach.

## 2. Der Registrierapparat.

Der Registrierapparat besteht im wesentlichen aus einer horizontalen, zur Aufnahme des lichtempfindlichen Papiers bestimmten Walze, welche durch ein Uhrwerk gleichmäßig angetrieben wird. Beide Teile sind in einem lichtdicht verschließbaren Kasten untergebracht, neben welchem sich auf der einen Seite eine Spaltlampe als Lichtquelle befindet. Die genaue Einrichtung des ganzen Apparates zeigt die Abbildung in Fig. 11.

Ein Uhrwerk (Fig. 12) mit Federspannung steht rechts neben der Walze, seine Regulierung geschieht durch eine Ankerunruhe, die horizontal über dem Getriebe aufliegt. Zur Erzielung zweier verschiedener Umlaufzeiten der Walze von 24 und 2 Stunden besitzt die Uhr eine besondere Schaltvorrichtung, die gleichzeitig auch gestattet, das ganze Werk von dem Mitnehmer-Zahnrad der Walze abzurücken, damit die letztere zum Auflegen der Registrierbogen beliebig drehbar ist.

Die Markierung regelmäßiger Zeitintervalle auf den Basislinien erfolgt durch kleine Blendklappen, welche auf einer horizontal vor der Walze, etwas unter der Ebene der auffallenden Lichtstrahlen befindlichen Stange aufsitzen; durch Drehung der letzteren werden sie aufwärts gerichtet und damit gleichzeitig die vom Mirenspiegel reflektierten Lichtstrahlen von der Walze abgeblendet. Diese Drehung der Stange vermittelt ein Hebel, der je nach der Schaltung in

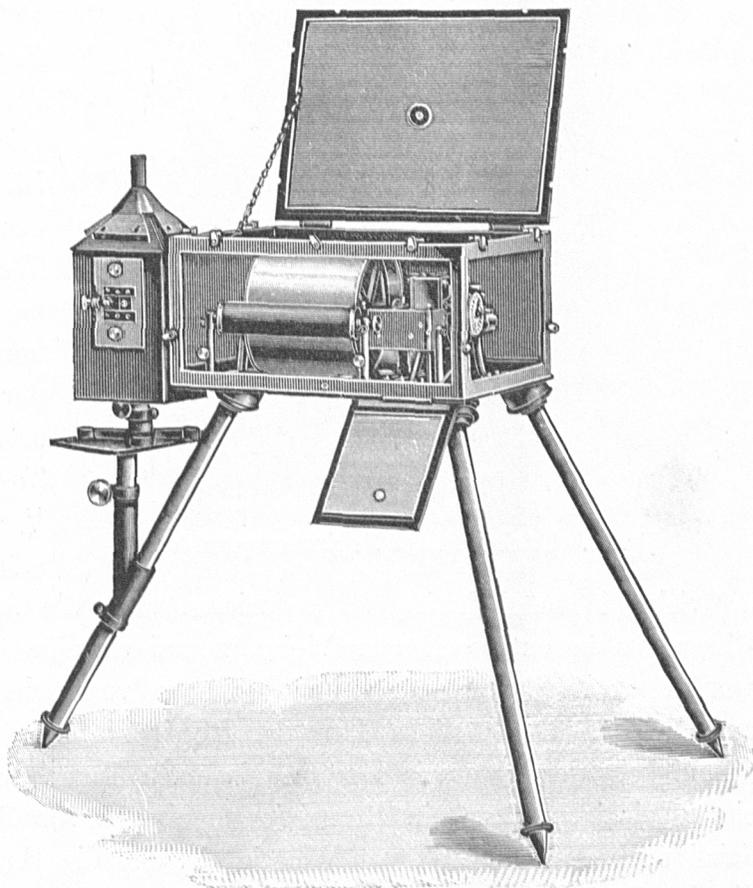


Fig. 11. Photographischer Registrierapparat (geöffnet).  
Von O. TOEFFER-Potsdam.

verschiedene Zahnräder des Uhrwerks eingreift und auf diese Weise die Zeitmarken auf den Tagesbogen in gleichen Abständen von einer Stunde, auf den Feinregistrierungs-Bogen in Intervallen von fünf Minuten hervorbringt. Da die Walze bei einem Umfang von 50 cm sich mit einer Geschwindigkeit von 2 cm in der Stunde und während des schnelleren Umlaufs in fünf Minuten dreht, so haben die Lücken der Basislinie in beiden Fällen die gleiche Entfernung von 2 cm voneinander, wobei die Dauer dieser Unterbrechungen selbst durchschnittlich etwa zwei Minuten bezw. zehn Sekunden beträgt, jedoch nach Belieben geändert werden kann.

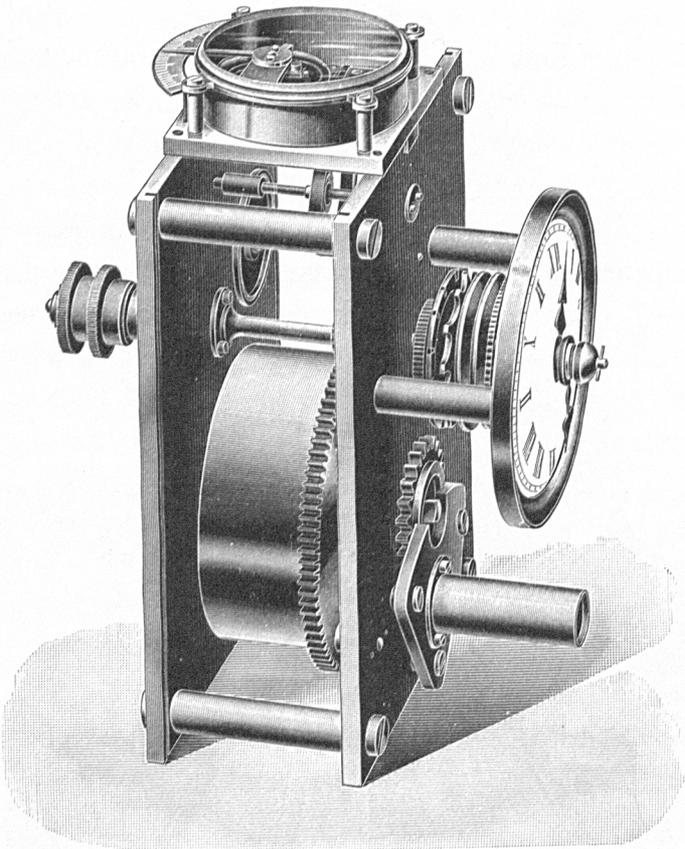


Fig. 12. Triebwerk des Registrierapparates.

Die Beendigung jeder Zeitmarke kündete sich durch lautes Zurückfallen jenes Hebels deutlich an, so daß dieses Geräusch ein geeignetes Zeitsignal für den Vergleich der Registrieruhr mit einem Chronometer abgab, der bei jedem der drei Termine um 9 Uhr vorm., um 1 und 6 Uhr nachm. vorgenommen wurde; denn beide Registrieruhren waren stets so gestellt, daß die Zeitmarken mit dem Beginn der vollen Stunde (nach Ortszeit) zusammenfielen. Eine Hauptbedingung für das zeitlich genaue Eintreffen dieser Signalmarken ist natürlich in erster Linie die Präzision des Uhrganges selbst, welche bei einem Werk, das gleichzeitig noch andere Bewegungsmechanismen antreiben soll, niemals sehr vollkommen sein kann. Da jedoch in Anbetracht der Kleinheit der Abszissenstücke die Abschätzung des einzelnen Zeitmoments auf den Tagesbogen nur mit einer Genauigkeit bis zu  $\frac{1}{4}$  Minute und auf demjenigen der zwei-stündigen Feinregistrierungen nur bis zu 1,5 Sekunde möglich ist, so reduzieren sich die Anforderungen an die Gleichmäßigkeit des Uhrganges in entsprechender Weise, zumal dieselbe täglich einer dreimaligen Kontrolle unterworfen war. Das Resultat der letzteren veranschaulichen die Gang-Korrektionskurven auf Taf. III. Der tägliche Gang der Registrieruhr I überschreitet die Grenze der Schätzgenauigkeit der Ablesung nur an einzelnen Tagen um wenige Sekunden und erreicht nur an einem einzigen Tage ein Korrektionsmaximum von 30 Sekunden (Taf. III oben). Es ist aber dabei noch der Umstand von Wichtigkeit, daß die Ungleichmäßigkeit des Ganges vielfach durch die häufige Unterbrechung der Tagesbogen beim Einschalten der Feinregistrierungen bedingt ist, von denen auf der Walze I mehr als 180 im Laufe des Jahres vorgenommen sind. Hierbei haben indessen stets noch besondere Uhrvergleiche stattgefunden, die eine Ermittlung größerer Gangdifferenzen bei der Auswertung der Kurven ermöglichen.

Ungleich schlechter verhielt sich der Gang der zweiten Registrieruhr. Wie seine Kurve (Taf. III unten) erkennen läßt, deren Ordinate den zehnfachen Parswert der ersteren hat,

Die Beendigung jeder Zeitmarke kündete sich durch lautes Zurückfallen jenes Hebels deutlich an, so daß dieses Geräusch ein geeignetes Zeitsignal für den Vergleich der Registrieruhr mit einem Chronometer abgab, der bei jedem der drei Termine um 9 Uhr vorm., um 1 und 6 Uhr nachm. vorgenommen wurde; denn beide Registrieruhren waren stets so gestellt, daß die Zeitmarken mit dem Beginn der vollen Stunde (nach Ortszeit) zusammenfielen. Eine Hauptbedingung für das zeitlich genaue Eintreffen dieser Signalmarken ist natürlich in erster Linie die Präzision des Uhrganges selbst, welche bei einem Werk, das gleichzeitig noch andere Bewegungsmechanismen antreiben soll, niemals sehr vollkommen sein kann. Da jedoch in Anbetracht der Kleinheit der Abszissenstücke die Abschätzung des einzelnen Zeitmoments auf den Tagesbogen nur mit einer Genauigkeit bis zu  $\frac{1}{4}$  Minute und auf demjenigen der zwei-stündigen Feinregistrierungen nur bis zu

kommen Korrekturen in einem Falle sogar bis zum Maximum von 21 Minuten pro Tag vor. Die größte Unstetigkeit zeigt sich zu Anfang des Juli. Häufigeres Stehenbleiben der Uhr deutete schon in den ersten Monaten darauf hin, daß das Werk einen Fehler haben müsse. Eine wiederholte Untersuchung des Zahnradgetriebes blieb jedoch resultatlos. Reichliches Schmieren hatte den Erfolg, daß der Gang stark beschleunigt wurde; unterblieb das Ölen, oder wurden die einzelnen Teile entfettet, so stand die Uhr nach kürzester Zeit. Endlich wurde am 21. Juli zur genauen Untersuchung das ganze Werk demontiert und auch das Echappement auseinandergenommen. Die Betrachtung der Ankerstifte unter der Lupe ließ erkennen, daß diese versehentlich aus weichem Eisen hergestellt und infolgedessen durch das Ankerrad ( $a$  in Fig. 13) stark eingefräst waren. Sie wurden durch Nähnadelspitzen ersetzt. Am 30. Juli hatte sich einer dieser Stifte gelöst, das Räderwerk war abgeschnürt und hatte dadurch beide Zapfen der Ankerradwelle abgeschlagen. Ein Ersatz der Welle selbst war ausgeschlossen, da in dieselbe ein Zahnrad eingeschnitten war; es blieb daher nichts anderes übrig, als feine Nähnadelspitzen von 2 mm Länge auf beiden Enden dieser nur 8 mm langen Welle mit Weichlot aufzusetzen und dann auf einem Mississipistein solange abzuschleifen, bis sie in die feinen Steinlager einpaßten. Die ziemlich mühsame Arbeit, bei der ich von URBANSKY unterstützt wurde, dauerte zwei Tage. Die zarte Welle mit ihren beiden Zahnrädern hatte dadurch naturgemäß sehr gelitten, so daß die Vornahme einer zweiten Reparatur ganz aussichtslos gewesen wäre. Glücklicherweise hielt aber das so notdürftig wieder hergestellte Werk während der zweiten Hälfte des Beobachtungsjahres noch aus, wenn es auch vorkam, daß die Gangkorrekturen — zumal in den letzten Monaten — größere Schwankungen bis zu einigen Minuten aufwiesen.

So wenig befriedigend daher der Verlauf dieser Jahreskurve der Uhr II an sich ist, so beeinträchtigen doch selbst die größeren Unregelmäßigkeiten des Ganges nicht die genaue Auswertung der Registrierungen. Denn die Photogramme der Vertikalintensitäts-Variationen zeigen einen derartig ruhigen Verlauf, daß kleinere Abschnitte in einer Länge von etwa 5 mm als horizontale gerade Linien angesehen werden können; die Ablesung der Ordinatenlänge auf eine Genauigkeit von 0,1 mm würde also innerhalb einer solchen kleinen Strecke keine verschiedenen Resultate ergeben. Auf Grund der an jedem Tage mehrfach vorgenommenen Uhrvergleiche ist jedoch die Uhr soweit kontrolliert, daß größere Unsicherheiten als höchstens bis zu

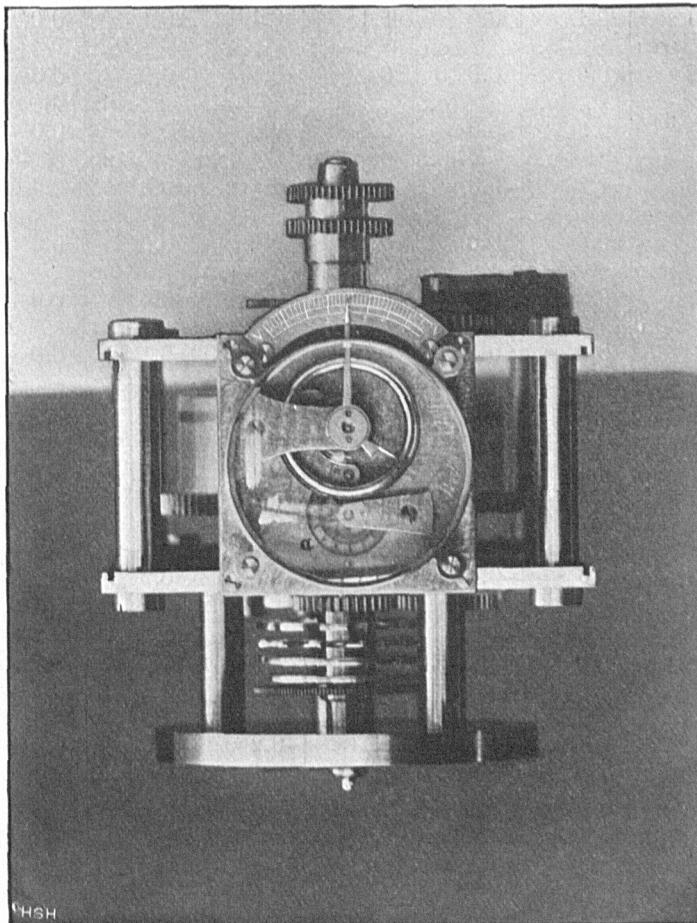


Fig. 13. Triebwerk des Magnetographen (Aufsicht).

Tab. I. **Untersuchung der Stundenabszissen der Registrieruhr I**  
**an beliebigen Tagen sämtlicher Monate.**

(Februar 1902 bis Februar 1903.)

Die in Millimetern (1 mm = 3 Min.) angegebenen Zahlen bedeuten in der ersten Vertikalspalte die Abweichungen von den 20-Millimeterstrichen des Maßstabes, in der zweiten die Korrekturen zur Ergänzung der Abszissenlänge auf 20 Millimeter.

Orts- Zeit	16./17. II.	16./17. III.	16./17. IV.	16./17. V.	16./17. VI.	16./17. VII.	16./17. VIII.	16./17. IX.	18./19. X.	18./19. XI.	16./17. XII.	16./17. I.	21./22. II.	Orts- Zeit
1P	0.0	+0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	1P
	+0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
2P	+0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	2P
	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	
3P	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3P
	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.0	+0.1	0.0	+0.1	+0.1	
4P	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.0	+0.1	0.0	+0.1	+0.1	4P
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	+0.1	0.0	0.0	
5P	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.0	0.0	+0.1	+0.1	+0.1	5P
	+0.1	-0.1	+0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.2	-0.1	-0.1	-0.1	
6P	+0.1	-0.2	+0.1	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.0	0.0	+0.2	0.0	0.0	0.0	6P
	0.0	+0.1	-0.1	+0.1	-0.1	0.0	0.0	+0.2	-0.2	+0.1	-0.2	+0.1	+0.2	
7P	+0.1	-0.1	0.0	+0.1	-0.1	+0.1	0.0	+0.2	0.0	+0.1	-0.2	+0.1	+0.1	7P
	+0.1	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.2	0.0	0.0	+0.2	-0.1	-0.1	
8P	+0.2	-0.3	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.0	8P
	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	+0.1	0.0	+0.1	+0.1	0.0	0.0	0.0	
9P	-0.3	-0.3	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	+0.1	+0.1	+0.2	0.0	0.0	0.0	9P
	-0.3	-0.9	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	-0.3	
10P	-0.6	-1.2	-0.8	-0.9	-1.0	-0.8	-0.9	-0.9	-0.6	-0.6	-0.6	-0.3	-0.2	10P
	+0.6	+1.0	+0.8	+0.9	+1.0	+0.8	+0.9	+0.9	+0.7	+0.8	+0.8	+0.5	-0.3	
11P	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	+0.2	+0.2	-0.1	-0.6	-0.6	11P
	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	+0.1	+0.6	
12P	0.0	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12P
	0.0	+0.1	+0.1	+0.1	0.0	+0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.2	0.0	-0.1	
1 <sup>a</sup>	0.0	-0.1	+0.1	0.0	-0.1	+0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.2	0.0	-0.1	1 <sup>a</sup>
	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.0	+0.1	
2 <sup>a</sup>	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	+0.2	0.0	0.0	2 <sup>a</sup>
	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	
3 <sup>a</sup>	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2	3 <sup>a</sup>
	-0.1	-0.2	-0.1	+0.1	0.0	0.0	-0.1	+0.2	-0.1	0.0	+0.1	+0.2	0.0	
4 <sup>a</sup>	-0.2	-0.3	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	+0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4 <sup>a</sup>
	0.0	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.3	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	
5 <sup>a</sup>	-0.2	-0.6	-0.4	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	5 <sup>a</sup>
	-0.1	+0.2	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	0.0	+0.1	0.0	+0.2	+0.1	+0.1	
6 <sup>a</sup>	-0.3	-0.4	-0.3	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	0.0	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	6 <sup>a</sup>
	+0.2	+0.3	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1	-0.1	+0.3	+0.1	+0.1	+0.1	
7 <sup>a</sup>	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	7 <sup>a</sup>
	+0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	+0.1	+0.1	0.0	+0.1	+0.1	0.0	0.0	
8 <sup>a</sup>	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8 <sup>a</sup>
	-0.2	+0.2	0.0	+0.1	+0.2	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	
9 <sup>a</sup>	-0.2	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	9 <sup>a</sup>
	-0.4	-1.0	-0.6	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-0.6	-0.7	-0.6	
10 <sup>a</sup>	-0.6	-1.0	-0.8	-0.9	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.7	-0.6	10 <sup>a</sup>
	+0.7	+0.8	+0.5	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8	+0.6	+0.4	-0.3	
11 <sup>a</sup>	+0.1	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.9	-0.9	11 <sup>a</sup>
	0.0	+0.1	+0.3	+0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	+0.3	+0.7	
12 <sup>a</sup>	+0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	-0.2	0.0	12 <sup>a</sup>

Tab. II.

Untersuchung der Stundenabszissen der Registrieruhr II

an beliebigen Tagen sämtlicher Monate.

(Februar 1902 bis Februar 1903.)

Die in Millimetern (1 mm = 3 Min.) angegebenen Zahlen bedeuten in der ersten Vertikalspalte die Abweichungen von den 20-Millimeterstrichen des Maßstabes, in der zweiten die Korrekturen zur Ergänzung der Abszissenlänge auf 20 Millimeter.

Orts-Zeit	24./25. II.	11./12. III.	18./14. IV.	15./16. V.	18./14. VI.	16./17. VII.	14./15. VIII.	18./14. IX.	18./14. X.	14./15. XI.	17./18. XII.	16./17. I.	11./12. II.	Orts-Zeit
1P	+0.1	0.0	+0.1	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1P
	-0.1	0.0	-0.1	+0.1	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	
2P	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	+0.1	0.0	+0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	2P
	0.0	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.1	+0.1	0.0	+0.1	0.0	
3P	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	-0.1	+0.1	0.0	0.0	0.0	3P
	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	-0.1	+0.2	+0.2	-0.1	
4P	-0.1	-0.3	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	0.0	+0.2	+0.2	-0.1	4P
	-0.1	-0.1	0.0	+0.1	+0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	+0.1	+0.2	+0.1	
5P	-0.2	-0.4	-0.1	+0.1	+0.2	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	+0.3	+0.4	0.0	5P
	-0.2	+0.1	-0.2	+0.1	+0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	+0.1	+0.2	-0.2	-0.1	
6P	-0.4	-0.3	-0.3	+0.2	+0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	0.0	+0.5	+0.2	-0.1	6P
	0.0	-0.1	-0.2	+0.1	+0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	+0.2	-0.2	+0.1	-0.2	
7P	-0.4	-0.4	-0.5	+0.3	+0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.4	+0.2	+0.3	+0.3	-0.3	7P
	+0.1	+0.1	+0.1	0.0	+0.1	+0.2	+0.1	0.0	+0.1	-0.2	0.0	-0.1	0.0	
8P	-0.3	-0.3	-0.4	+0.3	+0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	0.0	+0.3	+0.2	-0.3	8P
	+0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	+0.1	0.0	+0.2	+0.1	0.0	-0.3	-0.2	-0.1	
9P	-0.1	-0.3	-0.5	+0.2	+0.5	-0.2	-0.2	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	-0.4	9P
	0.0	0.0	+0.1	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	+0.1	
10P	-0.1	-0.3	-0.4	0.0	+0.2	-0.3	-0.3	-0.1	-0.3	0.0	-0.1	-0.1	-0.3	10P
	+0.1	+0.1	+0.1	-0.3	-0.2	+0.1	+0.1	0.0	+0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	
11P	0.0	-0.2	-0.3	-0.3	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.3	11P
	0.0	+0.1	+0.2	-0.1	-0.1	+0.1	0.0	+0.1	+0.2	+0.2	+0.2	+0.1	+0.1	
12P	0.0	-0.1	-0.1	-0.4	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	0.0	+0.2	0.0	0.0	-0.2	12P
	0.0	+0.1	0.0	+0.1	+0.1	+0.1	+0.2	+0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	
1 <sup>a</sup>	0.0	0.0	-0.1	-0.3	0.0	0.0	0.0	+0.1	0.0	+0.1	0.0	0.0	-0.2	1 <sup>a</sup>
	+0.2	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	+0.1	+0.1	+0.1	+0.2	+0.2	+0.1	0.0	
2 <sup>a</sup>	+0.2	0.0	-0.2	-0.3	0.0	+0.1	+0.1	+0.2	+0.2	+0.3	+0.1	0.0	0.0	2 <sup>a</sup>
	-0.2	-0.1	+0.2	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.0	+0.1	0.0	
3 <sup>a</sup>	0.0	-0.1	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.1	+0.3	+0.1	+0.1	0.0	3 <sup>a</sup>
	-0.2	0.0	0.0	+0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+0.2	+0.2	0.0	
4 <sup>a</sup>	-0.2	-0.1	0.0	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.0	+0.1	+0.3	+0.3	+0.3	0.0	4 <sup>a</sup>
	-0.2	-0.5	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	
5 <sup>a</sup>	-0.4	-0.6	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	5 <sup>a</sup>
	-0.2	-0.1	-0.2	+0.2	+0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	+0.1	0.0	0.0	
6 <sup>a</sup>	-0.6	-0.7	-0.4	-0.1	0.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.2	-0.2	+0.1	0.0	-0.3	6 <sup>a</sup>
	-0.2	+0.1	-0.2	+0.1	+0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	
7 <sup>a</sup>	-0.8	-0.6	-0.6	0.0	+0.1	-0.6	-0.8	-0.8	-0.4	-0.3	0.0	0.0	-0.4	7 <sup>a</sup>
	+0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1	+0.2	-0.1	0.0	+0.1	0.0	-0.1	-0.3	-0.2	
8 <sup>a</sup>	-0.7	-0.8	-0.7	-0.2	0.0	-0.4	-0.9	-0.8	-0.3	-0.3	-0.1	-0.3	-0.6	8 <sup>a</sup>
	-0.1	+0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.2	0.0	
9 <sup>a</sup>	-0.8	-0.5	-0.9	-0.3	-0.1	-0.5	-1.0	-0.9	-0.5	-0.3	-0.3	-0.5	-0.6	9 <sup>a</sup>
	+0.1	+0.1	+0.2	-0.3	-0.3	+0.1	0.0	+0.1	+0.2	+0.1	-0.2	-0.2	-0.1	
10 <sup>a</sup>	-0.7	-0.4	-0.7	-0.6	-0.4	-0.4	-1.0	-0.8	-0.3	-0.2	-0.5	-0.7	-0.7	10 <sup>a</sup>
	+0.1	+0.1	+0.1	-0.3	-0.3	+0.1	0.0	+0.3	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.2	
11 <sup>a</sup>	-0.6	-0.3	-0.6	-0.9	-0.7	-0.3	-1.0	-0.5	-0.3	-0.3	-0.6	-0.7	-0.9	11 <sup>a</sup>
	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	0.0	+0.1	0.0	-0.2	0.0	+0.1	-0.2	0.0	
12 <sup>a</sup>	-0.7	-0.4	-0.8	-1.1	-0.9	-0.3	-0.9	-0.5	-0.5	-0.3	-0.5	-0.9	-0.9	12 <sup>a</sup>

fünf Minuten bei der Feststellung der Zeitmomente nicht einmal an den Tagen des schlechtesten Ganges anzunehmen sind; ein derartiger Fehler in der Zeitbestimmung würde aber einer Längendifferenz auf der Basislinie von noch nicht 2 mm entsprechen, mithin auch keinen Ordinatenfehler nach sich ziehen.

Bei der Auswertung der Zeitenabszisse ist neben der Beurteilung des Uhranges ebenfalls noch die Feststellung der Zeitmarkenabstände von Wichtigkeit. Wie bereits erwähnt wurde, sollten dieselben für eine Stunde des Tagesbogens 20 mm lang sein, und die gleiche Entfernung sollten auch die Fünfminuten-Intervalle der Feinregistrierungen zeigen. Zur näheren Untersuchung dieses Verhaltens ist zunächst ein vollständiger Tagesbogen, dessen Zeitenabszisse also 24 Stunden enthält, aus der Mitte eines jeden Monats herausgegriffen. Auf einer genau geteilten Millimeterskala wurde das Ende der Zeitsignale abgelesen, die Differenzen vom normalen Abstand wurden dann paarweise voneinander subtrahiert und zwar jedesmal die vorhergehende von der nachfolgenden (vergl. Tab. I u. II auf S. 40 u. 41). Die Resultate geben die Korrekturen an, welche ihrem Vorzeichen entsprechend an die einzelnen Stundenabszissen anzubringen sind, um sie auf die normale Länge von 20 mm zu reduzieren.

Wie beide vorstehende Tabellen zeigen, sind diese Korrekturen mit einer Ausnahme durchweg sehr gering, ein langsames Ab- und wieder Zunehmen der Werte, welches auf einen — etwa durch Exzentrizität des Unterbrechungsrades bewirkten — Gang hinweisen würde, kommt nicht vor. Dagegen ist eine einzelne größere Korrektur auf der Tabelle der Uhr I sehr auffällig, die stets für die zehnte Stunde des Vor- und Nachmittags wiederkehrt und am Schlusse des Jahres auf die elfte Stunde sich verschiebt. Der Grund für dieselbe ist offenbar auf einen Zahnfehler des Unterbrechungsrades zurückzuführen, welches nach einmaligem Umlauf seiner zwölf Zähne stets zu den gleichnamigen Tagesstunden jenen Fehler zum Vorschein bringt. Da diese größere Korrektur also nur vereinzelt dasteht und auch die anderen kleinen Abweichungen nur hier und da sich zeigen, waren sie bei der Auswertung der Kurven leicht zu berücksichtigen; denn die Integrationsskala umfaßt gleichzeitig 4, die Momentenskala sogar 6 Stunden, so daß beim Auflegen derselben auf die Zeitenabszisse ein einzelnes falsches Signal leicht erkennbar und daher ohne Einfluß ist. Die Differenzen der einzelnen Ablesungen mit den 20 mm-Strichen des Maßstabes, wie sie besonders gegen Ende der Tagesbogen vorkommen, sind dem mehr oder minder guten Aufliegen des Registrierpapiers auf der Walze zuzuschreiben.

In der gleichen Weise sind auch die Zeitmarken der Feinregistrierungen untersucht, von einer Wiedergabe derselben ist hier jedoch deshalb abgesehen worden, weil bei beiden Uhren die ermittelten Korrekturen äußerst klein sind und nur in wenigen Ausnahmefällen ein Maximum von  $0,3 \text{ mm} = 4,5 \text{ Sek.}$  erreichen. Durch die Methode der Auswertung wird auch hier ein solcher Fehler bedeutungslos.

Zur Vermeidung des „toten Ganges“ der Registrierwalzen, welcher durch das etwas lose Ineinandergreifen der Mitnehmer-Zahnräder entsteht, war auf dem Boden eines jeden Kastens eine kurze Messingfeder aufgeschraubt, welche an dem aufwärts gebogenen Ende ein kleines mit einer Nute versehenes Gleitrollchen trug und mit demselben auf dem hervortretenden Stoßrande der Walze entlang schleifte. Da diese Verbesserung erst nachträglich kurz vor der Ausreise erfolgte, war es übersehen worden, daß bei der Registrieruhr I das Scharnier der das lichtempfindliche Papier festhaltenden Federstange um ein wenig aus der Peripherie jenes Stoßrandes hervortrat

und durch Anhaken an der Gleitfeder die Drehung der Walze vorübergehend hemmte. Infolgedessen erscheint in der ersten Zeit auf den Kurven der Deklination und Horizontalintensität eine Nachmittagsstunde zuweilen etwas verkürzt. Die Linien zeigen eine kleine Verdickung und gleich dahinter eine kurze Unterbrechung, woraus hervorgeht, daß die Walze während einer geringen Zeit stillstand, dann eine ruckweise Bewegung nach vorwärts gemacht hat. Die Ursache dieser Störung, die ich anfänglich in einer durch Ungenauigkeit eines Mitnehmerrades bewirkten Klemmung des Getriebes vermutete, wurde erst durch Zufall bei Gelegenheit eines Bogenwechsels erkannt, als die leerlaufende Walze hörbar gegen die Schleiffeder anstieß. Vermittels Nachfeilens des erwähnten Scharniers konnte dieser Übelstand nun schnell gehoben werden.

### 3. Die Spaltlampe.

Rechts neben dem Registrierapparat war in gleicher Höhe die Spaltlampe auf einem kleinen Konsolstativ angebracht. (Fig. 11 S. 37.) Der 2 cm hohe Spalt auf der Vorderseite war vermittels einer feinen Schraube verstellbar. Das Petroleumgefäß unter der kleinen Dochtflamme faßte etwa 250 ccm, während der Tagesverbrauch nur angenähert 100 ccm betrug. Dieses Quantum wurde täglich ersetzt, um einer bei weniger gefülltem Gefäß eintretenden Erhitzung vorzubeugen, die leicht ein Nachziehen der Flamme bewirkt hätte. Das Licht war hinreichend intensiv, um bei einem nur wenige Zehntel des Millimeters geöffneten Spalt gut sichtbare Photogramme auf dem Tagesbogen hervorzurufen, jedoch mußte für den zweistündigen Umlauf der Walze der Spalt fast auf das Doppelte verbreitert werden, um deutliche Kurven zu erzielen. Dieses bei jeder Umschaltung notwendige Regulieren des Lampenspaltes war für den Beobachter recht umständlich, da es stets einigen Zeitaufwand verursachte, die richtige Breite zu treffen, und das Auge hierbei schon frühzeitig an die umgebende Dunkelheit gewöhnt sein mußte, um überhaupt die feinen Lichtpunkte auf der Walze erkennen und auf ihre Lichtkraft beurteilen zu können. Die Verwendung von Benzin, welche wahrscheinlich ein solches Umstellen des Spaltes unnötig gemacht hätte, mußte jedoch in Anbetracht der damit für das kleine Holzhaus verbundenen Feuergefahr unterbleiben.

Ein kleiner Nachteil der Petroleumlampen bestand noch in dem zeitweiligen Verschwalken der oberen Abzugsöffnung. Der Ruß fiel von dort wieder auf die Lampe zurück, welche er dadurch in einzelnen Fällen sogar zum Verlöschen brachte.

### 4. Einrichtung für Okular-Beobachtungen der Variationen.

Zum Zwecke des simultanen Vergleichs der Variationen mit den absoluten Messungen besaß jeder Registrierapparat noch eine besondere Vorrichtung, welche die Ablesung der momentanen Variometerstände auf einer Skala ermöglichte. Obwohl dieser Ergänzungsapparat im Laufe des Jahres aus den weiter unten angegebenen Gründen nicht in Anwendung kam, sei doch der Vollständigkeit halber seine Einrichtung hier wiedergegeben.

Auf dem vorderen festgeschraubten Teil des Deckels der Registrierapparate befand sich in derselben Vertikalebene der Zylinderlinse eine horizontale Glasskala mit genauer Millimeter-

teilung, welche von einer schräg hinter ihr aufgestellten, mit verdeckter Glühlampe erhellten Mattscheibe hinreichend beleuchtet wurde.

Vertikal unter der Petroleum-Spaltlampe war eine kleinere elektrische so angeschraubt, daß die Entfernung der beiden Spalte von einander dem Abstände der Skala von der Zylinderlinse entsprach, mithin die vom elektrisch beleuchteten Spalt ausgehenden Lichtstrahlen zu scharfen Strichen auf jener Skala vereinigt wurden. Vermittels eines Fernrohrs, das an geeigneter Stelle der Innenhauswand durchzustecken war, konnte somit der Stand der Variationen auf dieser Glas-skala vom Isoliergange aus leicht abgelesen werden, sobald der Beobachter die an die Lichtleitung angeschlossenen Glühlampen durch einen Federkontakt auf kurze Zeit einschaltete.

Diese Vorrichtung war zu Anfang des Beobachtungsjahres montiert worden; sie wurde aber, wie bereits bemerkt, nicht gebraucht, denn die Kurven der während der ersten absoluten Messungen eingeschalteten zweistündigen Feinregistrierungen stellten derartig ruhige, fast gerade Linien dar und behielten diesen Charakter auch späterhin bei, so daß sich die erforderlichen Zeitmomente mit völlig hinreichender Genauigkeit aus denselben entnehmen ließen. Gleichwohl wurde die Vorrichtung die ganze Zeit hindurch in Bereitschaft gehalten, damit die Okular-Beobachtung der Variationen im Falle eines endgültigen Versagens der Uhren als Ersatz der Registrierung dienen konnte.

Daß ein solcher Notfall nicht eintrat und der Magnetiker somit jede Hilfskraft bei seinen Beobachtungen entbehren konnte, war im Interesse der kleinen Stationsbesatzung ein nicht gering anzuschlagender Vorteil.

---

## IV. Die Variometer.

Die Konstruktion der erdmagnetischen Variometer in der von ESCHENHAGEN vervollkommenen Form ist bereits von diesem selbst eingehend beschrieben worden.<sup>1)</sup> Da indessen solche Instrumente im Laufe der Zeit auf Grund der mit ihnen erzielten Erfahrungen stets mehr oder minder großen Abänderungen und Verbesserungen unterworfen sind, sei eine Beschreibung der auf Kerguelen gebrauchten Apparate zugleich mit der Darstellung ihrer Leistungsfähigkeit hier gegeben.

### 1. Das Deklinometer.

Das Variometer für die Deklination besteht aus einem etwa 8 cm hohen geschlossenen Kupfergehäuse von quadratischem Querschnitt, das auf einem kleinen Messingdreifuß mit Nivellierschrauben aufsitzt und in seiner Mitte eine Suspensionsröhre von Glas oder Kupfer trägt. (Fig. 14.) In die Mitte der vorderen, dem Registrierapparat zugekehrten Fläche ist eine Linse eingelassen, dieser gegenüber befindet sich auf der Innenseite der Hinterwand ein verstellbarer kleiner Mirenspiegel, der sich bis zur Mitte des Gehäuses verschieben und arretieren läßt. Die Seitenwände sind als Schiebetüren eingerichtet, welche Öffnungen zur Einführung eines kleinen Thermometers besitzen. In der Suspensionsröhre hängt ein Quarzfaden herab, der oben zwischen zwei miteinander verschraubten Klemmbacken der Gewindespindel des Torsionskopfes eingekittet und unten in gleicher Weise an einem schmalen Aluminiumstreifen befestigt ist. Das untere Ende des letzteren reicht in das Gehäuse hinein und läuft hier in einen kleinen Querstift aus, an welchem mittels Doppelhaken das „Magnetsystem“ angehängt wird. (Fig. 14 a.) Das letztere besteht aus einem schmalen Aluminiumrähmchen, das drei quadratische

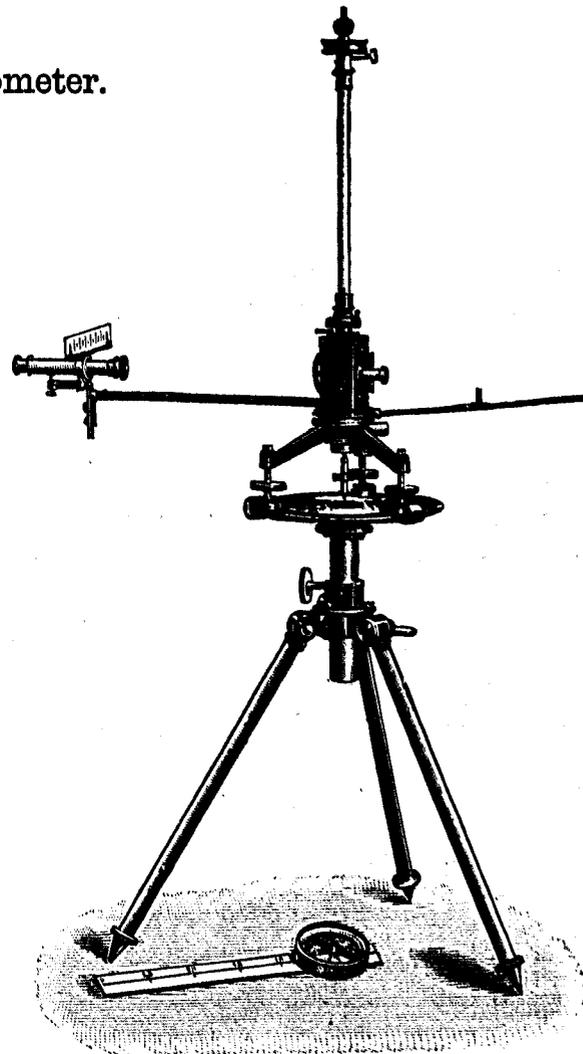


Fig. 14. Unifilar-Magnetometer (geschlossen).  
Von O. TOEFFER-Potsdam.

<sup>1)</sup> Sitzungsberichte der Deutschen Physikalischen Gesellschaft I Nr. 9 pag. 147ff. — Terrestrial-Magnetism 1899 pag. 263 ff.

Ausschnitte untereinander enthält; der mittlere umrandet mit geringem Spielraum den Mirenspiegel, während die beiden anderen mit sehr dünnen planparallelen Spiegeln belegt sind. Dieselben sind unter einem kleinen Winkel gegeneinander gedreht, so daß die von ihnen auf die Walze reflektierten Lichtpunkte um Papierbreite voneinander abstehen.

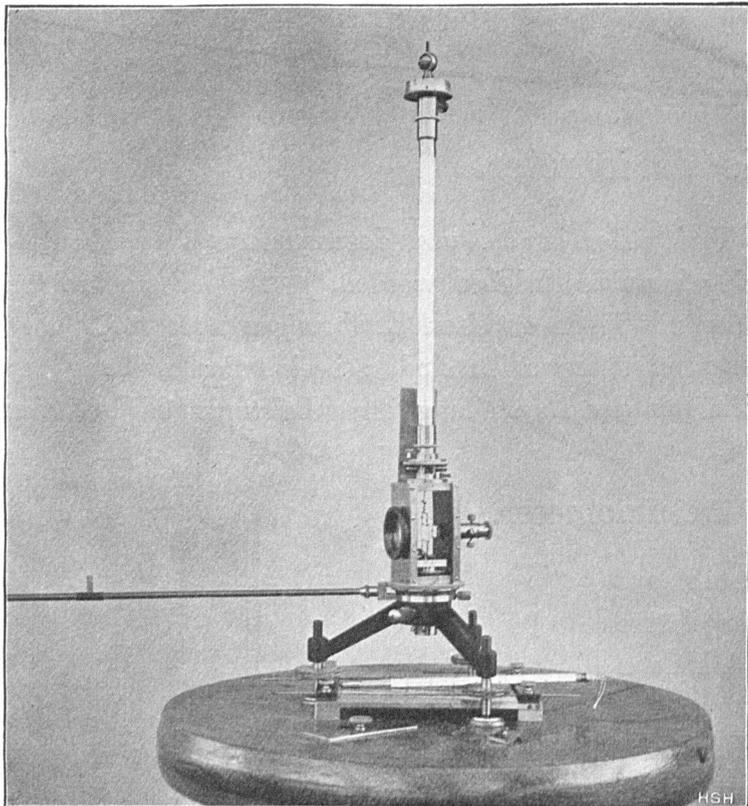


Fig. 14 a. Unifilar-Magnetometer (geöffnet).  
Von O. TOEPFER-Potsdam.

Der Aluminiumrahmen trägt unten die auf seinen stiftförmigen Ansatz aufgeschobene dünne Magnetlamelle, die nur 25 mm lang und etwa 6 mm breit ist und von einem in der Höhe verstellbaren Kupferdämpfer umschlossen wird. Durch möglichst dichte Annäherung des letzteren an den freischwebenden Magneten wird die dämpfende Wirkung sehr erhöht, zumal da infolge des geringen Gewichts des ganzen Magnetsystems von etwa 2 g die Eigenschwingungen sehr eingeschränkt sind. Außerdem bietet die Einrichtung des Kupferdämpfers ein gutes Kontrollmittel, eine Neigung des Instruments rechtzeitig festzustellen; denn der den Magnet haltende Ansatzstift des Aluminiumrahmens führt nur mit sehr geringem Spielraum durch eine runde Öffnung des Dämpferdeckels, so daß eine augenfällige Veränderung des ringförmigen

Zwischenraums oder gar ein Anlegen gegen den Rand schon eintreten muß, sobald sich die Suspensionsröhre auch nur um einen sehr kleinen Winkel auf die Seite neigt.

Ein solcher Fall ist jedoch, wie bereits in dem Kapitel über die Fundamentierung der Variometer gesagt wurde, weder bei dem Magnetometer der Deklination noch dem gleichartig konstruierten Horizontal-Intensitäts-Variometer vorgekommen; während des ganzen Beobachtungsjahres behielt das Magnetsystem seine Lage in der Mitte der Dämpferöffnung ohne augenfällige Veränderung bei.

#### a) Einfluß der Faden-Torsion.

Der zur Aufhängung des Magnetsystems dienende Quarzfaden muß selbstverständlich zur Vermeidung eines störenden Torsions-Einflusses möglichst und überall gleichmäßig dünn sein. Aus einer größeren Anzahl war ein solcher Faden bereits vor der Reise in Potsdam ausgewählt und einer vorläufigen Prüfung unterzogen worden. Da am unteren Ende der Suspensionsröhre eine Arretiervorrichtung für den Faden angebracht ist, welche den Transport des fertig eingerichteten Instruments ermöglicht, so ist es bei diesem Variometer auch gelungen, denselben Faden während der ganzen Expeditionszeit unversehrt zu erhalten, so daß er auch nach der Rückkehr noch gebrauchsfähig blieb.

Zur Bestimmung der Fadentorsion wurden zwei Beobachtungen am 7. August 1902 und 21. Februar 1903 vorgenommen. In jedem Falle wurde der Torsionskopf zweimal aus seiner ursprünglichen Stellung um  $+360^\circ$  und  $-360^\circ$  abwechselnd herausgedreht. Die Ablesung der so erhaltenen Ausschlagpunkte ergab auf der Millimeterskala folgende Resultate:

Torsion	I		II	
	Ord.-Länge	$\Delta$	Ord.-Länge	$\Delta$
	mm		mm	
$+360^\circ$	124.9		125.7	
$-360$	139.8	14.9	140.1	14.4
$+360$	124.9	14.9	125.1	15.0
$-360$	139.8	14.9	139.8	14.7
	Mittel	14.9	Mittel	14.7

Nimmt man den größeren der beiden Mittelwerte, also die Amplitude von 14.9 mm oder 15.2 Min.<sup>1)</sup>, auf eine Drehung um  $720^\circ$ , so berechnet sich die Torsions-Konstante zu  $C = 0.00035$  für 1 Minute der Variation. Bei einer Deklinations-Schwankung von  $1^\circ$ , wie sie auf Kerguelen selbst an den gestörtesten Tagen nicht eingetreten ist, würde die Torsion den Winkel nur um 0.02 Min. vermindern. Der Einfluß der Torsion ist mithin gänzlich zu vernachlässigen.

#### b) Der Skalenwert des Deklinometers.

Der Parswert der Deklinations-Kurven ermittelt sich aus der Entfernung des Deklinometers von der Walze auf Grund der Annäherungsformel

$$\varepsilon = \frac{1}{2D \sin 1'},$$

in welcher der Skalenwert  $\varepsilon$  pro Millimeter in Minuten, die Distanz  $D$  in Millimetern ausgedrückt ist. Bei einer Entfernung von 1718.9 mm zwischen Magnetspiegel und Walze — einschließlich der verschiedenen Korrekturen — würde also der Wert eines Skalenteils pro Millimeter genau 1 Min. betragen.

Die Messung der Distanz — zunächst zwischen Walze und der Deklinometerlinse — wurde auf der Station in der Weise ausgeführt, daß zwei mit etwas Reibung ineinander verschiebbare Glasröhren, welche an den beiden Enden in Spitzen ausliefen, von zwei Beobachtern soweit auseinander gezogen wurden, daß die eine Spitze leicht die Glaslinse berührte, während die andere gegen das Registrierpapier angedrückt wurde. Wegen der vor der Walze befindlichen Zylinderlinse war die eine Röhre kurz vor ihrem Ende mit einer U-förmigen Ausbiegung versehen, welche hinreichend groß war, die Zylinderlinse zu umfassen. Die Länge des Distanzmessers wurde auf verschiedenen Stellen eines guten Stahlbandmaßes abgelesen und ergab im Mittel 168.32 cm

Hierzu treten noch die Abmessungen des Deklinometers:

Entfernung Magnetspiegel bis Linse . . . . .	1.72 „
Dicke der Linse . . . . .	0.29 „
Dicke des Magnetspiegels . . . . .	0.08 „
	<hr/>
	170.41 cm

Davon ist ein Drittel der zwischenliegenden Glasdicken von Magnetspiegel und Zylinderlinse abzuziehen . . . . . — 0.27 „

---

170.14 cm.

<sup>1)</sup> Vergl. S. 49.

Nach dieser Entfernung berechnet sich der Parswert  $\varepsilon$  zu 1.010 Min. pro Millimeter, in welchem jedoch die Korrektion wegen der Brechung der Deklinometerlinse noch nicht einbezogen ist. Eine solche primitive Methode der Distanzmessung erscheint hinreichend genau in Anbetracht der auszuwertenden geringen Winkel, denn die Differentiation der obigen Formel

$$d\varepsilon = -\frac{\varepsilon}{D} \cdot dD$$

ergibt  $d\varepsilon = \mp 0.00059 \varepsilon$  für  $\pm 1$  mm Distanzfehler.

Nimmt man den letzteren sehr hoch, zu  $\pm 3$  mm an, so würde diese Unsicherheit bei der Auswertung selbst der größten vorkommenden Störungs-Amplitude von etwa 50 mm einen Ordinatenfehler von noch nicht  $\pm 0.1$  Min. verursachen; sie bedarf daher keiner Berücksichtigung.

### c) Korrektion der Linsenbrechung.

Der aus der korrigierten Entfernung erhaltene Skalenwert, 1 mm der Ordinate = 1.010 Min., erleidet noch eine Vergrößerung infolge der Refraktion der Sammellinse. Daß hier die Reduktion des Abstandes um ein Drittel der Glasdicke nicht ausreicht, geht schon aus der Ableitung LAMONTS<sup>1)</sup> hervor, die später von KOHLRAUSCH<sup>2)</sup> noch eine Berichtigung erfahren hat. Danach ist

$$A = (D - e) \frac{e}{f} \cdot \operatorname{tg} 2\alpha,$$

wo A in partes die Ablenkung des reflektierten Lichtstrahls auf der Skala ausdrückt, während  $\alpha$  seinen Winkel mit dem Einfallslot, D die ganze Entfernung, e den Abstand des Spiegels von der Linse, f die Brennweite derselben bedeutet.

Die Aufstellung des Deklinometers war so vorgenommen, daß der reflektierte Strahl bei arretiertem Magnetspiegel 120 mm weit von der natürlichen Basislinie senkrecht auf die Walze auftraf und auf diese Weise mit dem jenseits befindlichen Lampenspalt einen Abstand von 178 mm bildete. Der hieraus resultierende Winkel  $\alpha' = 2^\circ 59'.7$  vergrößert sich daher in Anbetracht der Ablenkung des Strahls durch die Linse auf den wahren Wert  $\alpha = 3^\circ 0'.6$  am Magnetspiegel selbst. Infolge der mit abnehmendem Reflexionswinkel ansteigenden Ordinate des Punktes hatte der senkrecht im Abstände von 120 mm auffallende Lichtstrahl bereits eine Ablenkung  $A = 1.78$  partes nach der Richtung der wachsenden Ordinate erfahren. Da die freischwingende Magnetnadel nun während des ganzen Jahres stets einen größeren Abstand als 120 mm von der natürlichen Basislinie des Mirenspiegels beibehielt, so wurde die letztere Entfernung als berechnete Basis zugrunde gelegt. Mit wachsender Deklination und ebenfalls wachsender Ordinate erfolgt also eine Verminderung des Winkels am Magnetspiegel und dementsprechend eine Verminderung der durch die Linse verursachten Ablenkung, die ihrerseits wieder eine Vergrößerung des Skalenwerts veranlaßt. Den Wert dieser positiven Korrektion gibt die obige Formel von KOHLRAUSCH

$$dA = \frac{2A}{\sin 2\alpha \cos 2\alpha} d\alpha,$$

woraus für eine Minute wachsender Deklination sich eine Verminderung der Linsenablenkung von 0.02 Min. an der Linse oder 0.01 Skalenteil auf dem Papier berechnet.

<sup>1)</sup> LAMONT, Handbuch des Erdmagnetismus pag. 97.

<sup>2)</sup> S. F. KOHLRAUSCH, Über die Korrektion bei einer Winkelmessung mit Spiegel und Skala. Wied. Annal. XXXI pag. 99.

Der definitive Skalenwert ist somit

$$\varepsilon = 1.020 \text{ Min.}$$

Einfacher und mit hinreichender Genauigkeit läßt sich dasselbe Resultat auch mittels der Division von  $(1 - \frac{\varepsilon}{f})$  in den unkorrigierten Wert 1.010 finden.

## 2. Das Horizontal-Intensitäts-Variometer.

Das Magnetometer für die Variations-Beobachtungen der Horizontal-Intensität ist in seiner ganzen Konstruktion identisch mit dem Deklinometer (Fig. 14 auf S. 45). Das registrierende Magnetsystem hat die gleichen Dimensionen, nur wird hier der aufgeschobene Magnet durch entsprechende Tordierung der Quarzfaden-Suspension gezwungen, in ostwestlicher Richtung oder vielmehr senkrecht zum magnetischen Meridian zu verharren, so daß das durch die horizontale Komponente ausgeübte Drehmoment mit dem Torsionsmoment des Aufhängefadens im Gleichgewicht steht. Eine wesentliche Vorbedingung ist hierbei die gute Konstanz des Torsionsverhältnisses, die durch die Einflüsse der Temperatur und besonders der Feuchtigkeit in keiner Weise beeinträchtigt werden darf. Gerade in dieser Beziehung ist die von ESCHENHAGEN vorgeschlagene Verwendung eines Quarzfadens von besonderem Vorteil. Jedoch sind die Untersuchungen über die Dauer der Konstanz gegenüber derartigen Einflüssen noch zu wenig durchgeführt, um die letzteren auch für längere Zeit als wirkungslos annehmen zu können. Es wurde daher neben der Temperatur auch die Feuchtigkeit der Luft im Variationshause vermittels eines Haarhygrometers kontrolliert; eine Regulierung derselben nach der einen oder anderen Richtung erwies sich jedoch während des ganzen Jahres als unnötig, da der Stand des Feuchtigkeitsmessers nur geringe Änderungen zeigte. Dieser sehr konstante Feuchtigkeitsgehalt dürfte wohl seinen Grund in der trocknenden Wirkung der ersten isolierenden Korkschrötbekleidung der Innenwand des Observatoriums haben, welche die stetige feuchte Ausdünstung der Spaltlampen kompensiert. Deshalb konnte auch die anfänglich geplante Ableitung der Flammengase durch geeignete auf den Isoliergang hinausführende Rohre ganz unterbleiben.

### a) Die Justierung des Magnetometers.

Nachdem das Horizontal-Intensitäts-Variometer zwischen dem Deklinometer und Registrierapparat I in einer durch die Linsenbrennweite gegebenen Entfernung vor dem letzteren aufgestellt und gut nivelliert war (Taf. II), wurde zunächst der Magnet von seinem Aluminiumhalter entfernt, so daß dieser in eine torsionsfreie Ruhelage einspielte. Infolge geeigneten Drehens des Torsionskopfes wurde dabei der von der Spaltlampe am meisten entfernte Reflexpunkt der beiden Magnetspiegel in einem Abstand von etwa 7 cm von dem rechten Rande der Walze eingestellt. Das ganze Instrument wurde jetzt auf seinem Dreifuß um einen rechten Winkel nach dem Innern des Raumes hingedreht; die untere Fußplatte des Kupfergehäuses war zu diesem Zwecke kreisförmig ausgebildet und mit einer 90°-Teilung versehen. Darauf wurde die Sammellinse gegen eine einfache Glasscheibe ausgetauscht und vermittelst ihrer Metall-Fassung gleichzeitig noch ein kleines Gestell mit Fernrohr und Skala, wie es aus der Fig. 15 ersichtlich ist, an das Magnetometer angeschraubt. Nach Ablesung der Ruhelage des ebenfalls um 90° gedrehten Magnetspiegels auf

dieser Skala wurde jetzt der Magnet vorsichtig wieder angebracht und durch mehrfaches Ausprobieren in einen solchen Winkel mit dem Aluminiumhalter eingestellt, daß derselbe Skalenteil

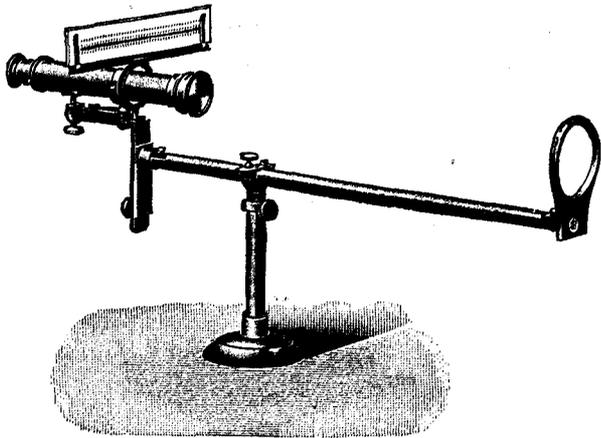


Fig. 15. Gestell mit Fernrohr und Skala.  
Von O. TOEPFER-Potsdam.

wie vorher unter dem Fadenkreuz einspielte, während der Magnet sich torsionslos im Meridian befand. Dann wurde das Gestell vorsichtig abgeschraubt, die Linse wieder eingesetzt und das Instrument in seine frühere Lage zurückgedreht und geklemmt. Die Rückkehr des Lichtpunktes an seinen alten Platz auf der Walze erfolgte durch entsprechende Tordierung des Fadens. Dieser Torsionswinkel ( $\omega - \frac{\pi}{2}$ ) blieb jedoch nicht die ganze Zeit über konstant, sondern vergrößerte sich infolge der elastischen Nachwirkung des Fadens, wie es bei einem frisch aufgestellten Instrumente nicht anders zu erwarten war, derart,

daß noch dreimal während des Beobachtungsjahres eine Nachdrehung am Torsionskopf geschehen mußte, wie aus der folgenden Zusammenstellung hervorgeht:

Datum der Einstellung	Abl. am Tors.-Kopf.	$\omega - \frac{\pi}{2}$	$\Delta$
1. II. 1902 bis 27. II. 1902	48.6	131.4	1.2
27. II. „ „ 21. IV. „	47.4	132.6	1.65
21. IV. „ „ 5. IX. „	45.75	134.25	0.6
5. IX. „ „ 23. II. 1903	45.15	134.85	

Der Nonius war für den Winkel  $\omega - \frac{\pi}{2} = 0$  anfänglich auf  $180^\circ$  eingestellt gewesen, so daß die Differenz der Ablesung mit diesem Anfangspunkt auf der im entgegengesetzten Sinne zählenden Teilung den Torsionswinkel ergibt.

#### b) Die Korrekturen des Winkelwertes der Ordinate.

Bevor auf die Ermittlung des Skalenwertes dieses Magnetometers durch die Methode der Ablenkungen eingegangen wird, soll vorläufig der Winkelwert der Ordinate, wie er sich allein aus der Aufstellungsweise des Instrumentes ergibt, mit den dabei in Betracht kommenden Korrekturen festgestellt werden. Die Distanzmessung geschah in derselben Weise wie beim Deklinometer. Die Entfernung von der Rückseite des Magnetspiegels bis zu einem Punkte in 7 cm Abstand vom rechten Rande der Walze ergab abzüglich eines Drittels der Spiegel- und Zylinderlinsendicke im Mittel 110.27 cm, wobei die Korrektur der Magnetometerlinse noch nicht einbezogen ist. Mit Hilfe der übrigen Abmessungen läßt sich durch einfache Berechnung der Abstand dieses Punktes vom Lotpunkte zu 15.0 cm und die Entfernung des letzteren vom Lichtspalt zu 8.8 cm feststellen. Da der Lichtpunkt im Laufe des Jahres mehr dem rechten Walzenrande zuwanderte, erscheint es tunlicher, für die Berechnung des mittleren Winkelwertes eines Skalenteils einen mittleren Abstand vom Lotpunkte zu 18 cm anzunehmen. Der Winkelwert der Ordinate

berechnet sich dann leicht mit Hilfe der von KOHLRAUSCH<sup>1)</sup> für den schräg auffallenden Strahl gegebenen Formel:

$$\alpha' = \frac{1}{2 A \left(1 + \frac{x_0^2}{A^2}\right) \sin 1'},$$

wo  $x_0$  der Abstand des Lichtpunktes vom Lot und A seine Entfernung vom Magnetspiegel bedeutet.

Es folgt daraus 1 mm (Ordinate) = 1.535 Min.

Dieser Winkelwert, der für einen Abstand des Lichtpunktes = 18 cm vom rechten Walzenrand gilt, bleibt jedoch nicht konstant, sondern ändert sich je nach der Lage des Punktes bzw. der Größe der Variationen. Drei verschiedene Korrekturen sind hierbei in Rechnung zu ziehen:

- a) für den schräg auffallenden Lichtstrahl,
- b) für die Brechung des Strahls durch die Linse,
- c) für die durch Torsion bewirkte Asymmetrie der Amplituden.

ad a). Je größer der Winkel des Lichtstrahls mit dem lotrecht auffallenden Strahle wird, um so geringer wird der Winkelwert eines Skalenteils. Die Größe dieser Änderung innerhalb kleiner Winkel ergibt sich aus der Differentiation der obigen Formel von KOHLRAUSCH:

$$d\alpha = \frac{-x_0 A}{[A^2 + x_0^2] \sin 1'} dx_0$$

Für die Änderung des Lichtpunktabstandes um  $\pm 1$  mm berechnet sich daraus die Änderung des Winkelwertes zu  $\mp 0'.00045$ .

ad b). Die Ablenkung des reflektierten Strahls durch die Variometerlinse wird wieder in derselben Weise wie bei dem Deklinometer vgl. S. 48 ermittelt. Bei der (auf S. 49) beschriebenen Aufstellung beträgt der Winkel: Spalt-Spiegel-Walze für einen in der Entfernung 18,0 cm vom Lotpunkte auffallenden Strahl  $2\alpha = 13^\circ 59'.7 + \text{Korr.}$ , wo die Korrektur  $A = \frac{\text{ctg } 2\alpha}{f \sin 1'}$  in Minuten die Ablenkung darstellt, die der Strahl bei seinem Durchgang durch die Linse erfährt.

An der letzteren selbst beträgt dieser kleine Ablenkungswinkel 12'.8, er entspricht einer Nadeldrehung von 12'.5, die also zu  $2\alpha$  noch hinzuzufügen ist.

Für den so verbesserten Winkel  $2\alpha = 14^\circ 12'.2$ , der wieder eine Vergrößerung von A auf 13.0 Min. (an der Linse) nach sich zieht, ist nun die Änderung dieser durch Linsenbrechung bewirkten Ablenkung zu berechnen, die mit Änderung des Magnetwinkels, also der Variation der Horizontal-Intensität entsteht. Hierzu dient wieder der Differentialausdruck

$$dA = \frac{2A}{\sin 2\alpha \cos 2\alpha} d\alpha,$$

der für eine Nadeldrehung von 1 Min. eine Korrektur der Linsenablenkung von 0.032 Min. an dieser Linse selbst oder von 0.02 mm auf der Walze ergibt. Hieraus folgt für die Änderung der Ordinate um  $\pm 1$  mm eine Korrektur des Winkelwertes von

$$\pm 0.031 \text{ Min.}$$

<sup>1)</sup> F. KOHLRAUSCH. Wied. Annal. XXXI pag. 100.

ad c). Korrektur des Skalenwertes wegen Asymmetrie der Winkelausschläge.  
Befindet sich der tordierte Magnet des Unifilar-Magnetometers in der Ruhelage, so gilt

$$M \cdot H \sin \gamma = D (\omega - \gamma),$$

worin M das Moment der Nadel,

H die Horizontal-Intensität,

D das Torsionsmoment,

$\sphericalangle \omega$  den Winkel am Torsionskopf,

$\sphericalangle \gamma$  den durch die Torsion abgelenkten Winkel der Nadel

bedeutet. Eine Änderung von H um dH bewirke eine Änderung des Winkels  $\gamma$  um einen kleinen Betrag  $\beta$ , dann ist

$$M (H - dH) \sin (\gamma + \beta) - D (\omega - \gamma - \beta) = 0$$

oder:

$$\beta^2 \frac{H \sin \gamma}{2} - \beta (H \cos \gamma - dH \cos \gamma + \frac{H}{\omega - \gamma} \sin \gamma) + dH \sin \gamma = 0$$

und hieraus<sup>1)</sup>:

$$\beta = \frac{dH}{\left(H \cot \gamma + \frac{1}{\omega - \gamma}\right)} + \frac{\frac{H}{2} dH^2}{H^2 \left(\cot \gamma + \frac{1}{\omega - \gamma}\right)^3};$$

In unserm Falle vereinfacht sich dieser Ausdruck, da  $\gamma = \frac{\pi}{2}$  ist, zu

$$\beta = -\frac{\left(\omega - \frac{\pi}{2}\right)}{H} dH + \frac{H}{2} \left(\frac{\omega - \frac{\pi}{2}}{H}\right)^3 dH^2,$$

wo das Vorzeichen entsprechend geändert ist, da bei positivem dH der Winkel  $\beta$  eine Abnahme des abgelenkten Winkels  $\left(\omega - \frac{\pi}{2}\right)$  darstellt. Das erste Glied auf der rechten Seite der Gleichung ermöglicht die Berechnung des Skalenwertes, sobald der Torsionswinkel und die ungefähre Größe der Horizontalkomponente bekannt ist. Nimmt man das Mittel der am Torsionskopf abgelesenen Winkel, wie sie auf Seite 50 tabellarisch wiedergegeben sind, zu  $133^\circ.3$  und einen Durchschnittswert von  $H = 0.16240$ , so berechnet sich die Änderung des Winkels für  $dH = + 0.00001$  Einh. [= 1  $\gamma$ ] zu  $\beta = 0'.492$ , woraus unter Anlegung des Winkelwertes der Skalenwert  $\epsilon' = 3.117 \gamma$  folgt.

Auf die angenäherte Übereinstimmung dieser Größe mit dem Resultat aus den Skalenwertbestimmungen mittels der Methode der Ablenkungen soll erst bei der Besprechung der letzteren eingegangen werden.

Das zweite Glied des obigen Ausdrucks gibt die Größe der durch die Torsion bewirkten Asymmetrie der beiderseitigen Winkelausschläge an, es vergrößert die Ordinate bei abnehmender und verringert sie bei wachsender Variation, sein Einfluß erhöht sich mit der Empfindlichkeit des Instruments. In unserem Fall beträgt die Größe dieses zweiten Gliedes bei einer Variation von  $dH = 1 \gamma$  nur

$$+ 0.000082 \text{ Min. des Ausschlagwinkels}$$

oder 0.00005 mm der Ordinate.

### c) Die Skalenwerts-Bestimmung am Horizontal-Intensitäts-Variometer (Ablenkungsmethode).

Die unter b) auf S. 50 ausgeführte Berechnung des Winkelwertes am Torsions-Magnetometer setzt neben der genauen Kenntnis des Torsionswinkels eine absolute Konstanz der Faden-

<sup>1)</sup> P. SCHULZE, „Über das Unifilar-Magnetometer.“ *Annal. d. Phys.* Bd. 8 pag. 714. 1902.

Elastizität und des magnetischen Moments der Nadel voraus, während die Methode der Ablenkungen mittels eines Hilfsmagneten von bekanntem, in jedem Falle wieder festzustellenden Moment nicht nur den absoluten Wert der Empfindlichkeit sehr genau zu messen gestattet, sondern auch durch ihre leicht und häufig vorzunehmende Wiederholung eine Änderung des Skalenwertes im Laufe der Registrierung experimentell verfolgen und nachweisen läßt.

Die Ablenkungsmethode besteht bekanntlich darin, daß die Magnetometernadel durch einen Hilfsmagnet in der zweiten Hauptlage abgelenkt wird, während das Moment des letzteren aus entsprechenden Ablenkungswinkeln am Deklinometer bestimmt wird.

Beide Variometer besitzen zu diesem Zweck unter der kreisförmig ausgebildeten Bodenplatte des Magnetgehäuses einen zentral um dieselbe drehbaren kleinen Stutzen, welcher durch eine Schraube arretierbar ist und auf seiner oberen, in gleicher Höhe mit der Grundplatte befindlichen Fläche eine Strichmarke trägt. Diese läßt sich mit den früher genannten Viertelkreismarken der runden Bodenplatte zur Koinzidenz bringen, so daß dann der Stutzen entweder mit dem magnetischen Meridian parallel oder senkrecht zu ihm steht.

In eine radial gerichtete Ausbohrung des Stutzens läßt sich die Ablenkungsschiene horizontal einschrauben, welche aus einer etwa  $\frac{1}{4}$  m großen, 4 mm starken Drahtstange von elektrolytisch abgeschiedenem, reinem Kupfer besteht. Auf derselben läßt sich mit einiger Reibung der Magnetträger verschieben (vergl. Fig. 14 auf S. 45), welcher so gestaltet ist, daß der kleine, vermittelst eines Röhrchens auf ihn aufsetzbare Ablenkungsmagnet sich mit der Variometer-nadel in derselben horizontalen Ebene befindet. Die Ablenkungsschiene besitzt in Abständen von 5 cm ringförmig eingravierte Marken, auf welche der Magnetträger je nach der Wahl der Entfernung stets wieder eingestellt werden kann. Bei der beschriebenen Anordnung ist es von größter Wichtigkeit, daß die Abstände einer solchen Marke von der vertikalen Mittelachse des Instruments bei beiden Magnetometern (sowie auch bei der Wage) genau miteinander übereinstimmen. Eine in dieser Hinsicht gleich zu Anfang auf Kerguelen angestellte Kontrolle ergab eine geringe Differenz, die dadurch ausgeglichen wurde, daß zwischen die Verschraubung der Schiene mit dem Stutzen des Horizontal-Intensitäts-Variometers stets eine kleine Scheibe gelegt wurde, welche durch vorsichtiges Abschleifen die richtige Dicke erhalten hatte.

Um die Ablenkungen aus zwei Entfernungen — wie es zumeist geschah — vornehmen zu können, ohne den Magnetträger verschieben und stets aufs neue einstellen zu müssen und dadurch eine Fehlerquelle zu schaffen, wurden zwei derselben in geeignetem Abstände voneinander auf die Schiene aufgeschoben und leicht gegen einen breiten Streifen aus hartem Karton angedrückt, welcher zwischen den Trägern auf dem Draht aufgewickelt und festgeleimt war. Auf diese Weise war die Lage des Ablenkungsmagneten für die beiden benutzten Entfernungen genau fixiert und wurde auch während des ganzen Jahres nicht geändert. Die Ausführung der Skalenwerts-Bestimmungen geschah derart, daß der Hilfsmagnet in die zweite Hauptlage zur Nadel, also senkrecht zu deren Achsenverlängerung, gebracht wurde und dann nacheinander die vier möglichen Stellungen erhielt. Ihre Reihenfolge ist für beide Variometer durch das nachstehende Schema gegeben, in welchem die Kolumne A die Orientierung des Ablenkungsmagneten zur Nadel, die Spalte B die Richtung seiner magnetischen Achse bezeichnet:

Nr.	Deklinometer		Intensitäts-Variometer	
	A	B	A	B
1	Nord	Ost	Ost	Nord
2	Süd	West	West	Süd
3	Süd	Ost	West	Nord
4	Nord	West	Ost	Süd

Diese Anordnung hatte den Vorteil, daß der Hilfsmagnet nur zweimal, und zwar vor dem ersten und dem zweiten Paar der Ablenkungen, gedreht zu werden brauchte. Da jegliche Kreisteilung oder Marke zur genaueren Senkrechtstellung des Magneten auf die Nadelachse fehlte, so kompensierten jetzt die durch fehlerhaftes Ausrichten entstandenen Amplituden-Differenzen der beiden aufeinanderfolgenden entgegengesetzten Ausschlagwinkel einander. Die Serie der Ablenkungen am Intensitäts-Variometer aus einer bzw. zwei Entfernungen war stets von zwei entsprechenden Serien am Deklinometer umrahmt. In der zweiten Hälfte des Beobachtungsjahres wurden zur Kontrolle die Messungsreihen am Intensitäts-Variometer um die Wiederholung der beiden ersten Ablenkungen vermehrt. Eine weitere Ausdehnung dieser Skalenwerts-Bestimmungen an demselben Tage erschien jedoch untunlich, da bei längerer Anwesenheit des Beobachters in dem kleinen Instrumentenraum größere Temperaturstörungen sich kaum hätten vermeiden lassen.

Der Skalenwert  $\varepsilon'$  der Horizontal-Intensitäts-Variationen ergibt sich bei dieser Methode bekanntlich aus der Formel:

$$\varepsilon' = \omega H = \operatorname{tg} 1' \frac{\varepsilon \cdot n_D}{n_J} H,$$

wo  $n_D$  und  $n_J$  die Mittel aus sämtlichen, den Photogrammen entnommenen Ablenkungs-Amplituden am Deklinometer und Intensitäts-Variometer darstellen, und  $\varepsilon$  den Skalenwert des ersteren bedeutet. Für  $H$  ist bei der Berechnung stets der angenäherte Durchschnittswert 0.1624 C. G. S. = Einh. benutzt worden. Die große Einfachheit dieses Ausdrucks hat ihre Ursache in den gleichen Dimensionen der beiden Variometermagnete, wodurch der Fortfall der die Poldistanz enthaltenden Reihenglieder veranlaßt wird.

In der nachfolgenden Tabelle sind die sämtlichen Skalenwerts-Beobachtungen des ganzen Jahres zusammengestellt. (Siehe Tab. III S. 55.)

Die hier beobachteten Ablenkungen sind aus den beiden, das ganze Jahr hindurch unverändert gebliebenen Entfernungen  $E_1 = 19.22$  cm und  $E_2 = 15.16$  cm<sup>1)</sup> vorgenommen worden. Nur bei der Messungsreihe Nr. 2 ist probeweise eine dritte kleine Entfernung  $E_3 = 11.68$  cm angewandt, die jedoch wegen der zu großen, auf der einen Seite über das Papier hinausgehenden Ausschlagwinkel aufgegeben werden mußte. Die zumeist nur geringen Abweichungen, welche die einzelnen Skalenwerte untereinander zeigen, scheinen weder von der gewählten Entfernung abhängig zu sein, noch mit der Verschiedenheit der am Variometer abgelesenen Temperaturmittel in direktem Zusammenhang zu stehen. Auch die an drei Tagen durch Nachdrehen des Torsionskopfes vorgenommenen Standänderungen<sup>2)</sup> sind ohne merklichen Einfluß auf die Empfindlichkeit des

<sup>1)</sup> Über die Ermittlung der Werte von  $E_1$ ,  $E_2$  vgl. S. 68.

<sup>2)</sup> Vgl. S. 50.

Tab. III. Skalenwertsbestimmungen am Horizontal-Intensitäts-Variometer vom 12. Februar 1902 bis 21. Februar 1903.

Lfd. Nr.	Datum	Entfg.	t	$\epsilon n_D$	$n_J$	$\omega$	$\frac{\omega H}{= \epsilon'}$	Bemerkungen
				Min.	mm	0.000	$\gamma$	
1	1902. Febr. 12	E <sub>2</sub>	19°6	18.27	29.45	180	2.92	} Messung gestört.
2	" 12	E <sub>3</sub>	—	40.12	63.70	183	2.97	
3	" 17	E <sub>2</sub>	19.6	18.16	27.68	191	3.09	
4	" 20	E <sub>1</sub>	—	8.92	13.15	197	3.20	
5	" 26	E <sub>2</sub>	19.6	18.24	27.40	194	3.14	
6	" 26	E <sub>1</sub>	20.8	8.85	13.32	193	3.13	
7	" 27	E <sub>1</sub>	19.5	8.77	13.35	191	3.10	
8	" 27	E <sub>2</sub>	19.6	18.15	27.85	190	3.07	Standkorr. nach dieser Beobachtung.
9	" 28	E <sub>1</sub>	19.5	8.94	13.68	189	3.06	
10	" 28	E <sub>2</sub>	19.5	18.31	28.15	190	3.08	
11	März 14	E <sub>1</sub>	19.5	8.90	13.68	189	3.07	
12	" 14	E <sub>2</sub>	19.6	18.21	27.88	190	3.08	
13	" 15	E <sub>1</sub>	19.5	8.92	13.62	191	3.09	
14	" 15	E <sub>2</sub>	19.5	18.17	28.05	188	3.05	
15	April 1	E <sub>1</sub>	19.7	8.74	13.20	193	3.12	
16	" 1	E <sub>2</sub>	19.6	18.20	28.40	186	3.02	
17	" 14	E <sub>2</sub>	19.7	18.17	27.62	191	3.10	
18	" 21	E <sub>1</sub>	19.5	8.88	13.40	193	3.12	
19	" 21	E <sub>2</sub>	19.6	18.26	27.60	192	3.12	Standkorr. nach dieser Beobachtung.
20	" 22	E <sub>1</sub>	19.6	8.85	14.02	184	2.98	
21	" 22	E <sub>2</sub>	19.6	18.31	28.82	185	2.99	
22	Mai 1	E <sub>2</sub>	19.5	18.23	28.30	187	3.04	
23	" 31	E <sub>2</sub>	19.3	18.24	28.44	187	3.02	
24	Juni 30	E <sub>2</sub>	19.5	18.18	28.25	187	3.03	
25	Aug. 4	E <sub>2</sub>	19.5	18.05	27.85	189	3.05	
26	Sept. 1	E <sub>2</sub>	19.5	18.04	27.60	190	3.08	
27	Okt. 1	E <sub>2</sub>	19.5	17.99	27.62	189	3.07	
28	Nov. 5	E <sub>1</sub>	19.5	8.68	13.30	190	3.08	
29	" 5	E <sub>2</sub>	19.6	17.95	27.30	191	3.10	Standkorr. nach dieser Beobachtung.
30	" 5	E <sub>1</sub>	19.6	8.68	13.45	188	3.04	
31	" 5	E <sub>2</sub>	19.6	17.95	27.84	188	3.04	
32	" 29	E <sub>2</sub>	19.6	17.94	27.65	189	3.06	
33	1903. Jan. 6	E <sub>1</sub>	19.4	8.67	13.23	191	3.09	
34	" 6	E <sub>2</sub>	19.5	17.99	27.42	191	3.09	
35	Febr. 21	E <sub>1</sub>	19.5	8.68	13.13	192	3.12	
36	" 21	E <sub>2</sub>	19.4	17.72	27.35	188	3.05	

Instruments geblieben. Da ferner für die letztere die Reihe der Messungsergebnisse keinen Gang aufweist, so ist es gerechtfertigt, die sämtlichen Werte zusammenzufassen und zu mitteln.

Die ersten beiden Bestimmungen am 12. Februar 1902 gelten wegen kleiner Schwierigkeiten und Störungen als nicht einwandfrei; außerdem fehlt, wie schon bemerkt wurde, das zweite Paar der Ablenkungen, das über das Papier hinausgefallen ist, es sind daher ihre beiden Resultate bei der nachstehenden Mittelung nicht berücksichtigt:

	Mittel der Skalenwerte aus		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub> und E <sub>2</sub>
$\epsilon'$	3.094 $\gamma$	3.064 $\gamma$	3.076 $\gamma$
M. F.	$\pm 0.014$ „	$\pm 0.008$ „	$\pm 0.008$ „
M. F. d. E.-M.	$\pm 0.05$ „	$\pm 0.04$ „	$\pm 0.04$ „

In dieser Berechnung sind also zunächst die Werte aus jeder der beiden Entfernungen gesondert gemittelt worden, während in der letzten Kolumne die Mittelung über sämtliche aus beiden Abständen gewonnenen Einzelresultate erstreckt wurde.

Was die Ungenauigkeit des praktischen Verfahrens zur Ermittlung der Ablenkungs-Amplituden aus den Photogrammen betrifft, dürfte dieselbe 0.2 Mill. nicht übersteigen, selbst wenn man noch die während der Beobachtungszeit erfolgenden geringen Variationen einberechnet. Der Einfluß eines solchen Fehlers auf den resultierenden Skalenwert wird aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

	$dn_D = 0.2 \text{ mm}$	$dn_J = 0.2 \text{ mm}$
	$d\epsilon'$	$d\epsilon'$
bei $E_1$	0.07 $\gamma$	0.04 $\gamma$
„ $E_2$	0.03 „	0.02 „

Im Vergleich zu diesen Genauigkeitsfehlern der Methode erscheinen die berechneten mittleren Fehler der Einzelmessung nicht zu hoch. Wenn dagegen in der Reihe der Einzelresultate Differenzen bis zum Maximum von  $0.22\gamma$  vorkommen, so sind dieselben hauptsächlich wohl der Temperaturänderung des Hilfsmagneten zuzuschreiben, welche im Laufe der Skalenwerts-Bestimmung durch das Aufsetzen und Ausrichten des Magneten mit der Hand und auch durch die Nähe des Beobachters selbst bewirkt wird. Ein längeres Warten nach jeder solchen Manipulation hätte diesem Übelstand allerdings abgeholfen, doch war dann infolge der inzwischen auftretenden Variationen eine neue Fehlerquelle gegeben, da eine synchrone Beobachtung der letzteren wegen des Mangels eines zweiten (Kontroll-) Systems ausgeschlossen war.

Will man die hier beobachteten Ausschlagwinkel am Horizontal-Intensitäts-Variometer mit den auf Grund der angenähert bekannten Fadentorsion zu berechnenden Amplituden in Vergleich bringen, so hat man wieder auf die Fundamentalgleichung

$$MH \sin \gamma = D (\omega - \gamma)$$

zurückzugreifen.<sup>1)</sup> Bei Ablenkungen aus der zweiten Hauptlage um den Winkel  $\alpha$  ergibt sich:

$$MH \sin (\gamma + \alpha) = \frac{MH}{\omega - \gamma} \sin \gamma (\omega - \gamma - \alpha) - \frac{MM'}{e^3} = 0,$$

worin  $M'$  das Moment des Hilfsmagneten ist.

Berücksichtigt man noch die zweiten Potenzen von  $\alpha$ , so erhält man

$$\alpha^2 \left\{ \frac{H \sin \gamma}{2} - \frac{M'}{2e^3} \right\} - \alpha \left\{ H \cos \gamma + \frac{H \sin \gamma}{\omega - \gamma} \right\} + \frac{M'}{e^3} = 0.$$

Bei der Auflösung dieser Gleichung können die dritten und höheren Potenzen von  $\frac{M'}{e^3}$ , sowie die Glieder mit  $\alpha^2 \frac{M'}{e^3}$  vernachlässigt werden:

$$\alpha = \frac{\frac{M'}{e^3}}{H \cos \gamma + \frac{H \sin \gamma}{\omega - \gamma}} + \frac{H \frac{\sin \gamma}{2} \left( \frac{M'}{e^3} \right)^2}{\left( H \cos \gamma + H \frac{\sin \gamma}{\omega - \gamma} \right)^2},$$

<sup>1)</sup> P. SCHULZE. Über das Unifilar-Magnetometer. Annal. d. Phys. Bd. 8 pag. 714. 1902.

mithin für  $\gamma = \frac{\pi}{2}$

$$\alpha = \pm \frac{\frac{M'}{e^3}}{H} + \frac{H \left(\frac{M'}{e^3}\right)^2}{2 \left(\frac{H}{\omega - \frac{\pi}{2}}\right)^2},$$

wo das zweifache Vorzeichen des ersten Gliedes rechts den Ablenkungen nach den entgegengesetzten Seiten entspricht.

Dieses erste Glied stellt also die Größe des Ausschlagswinkels dar, während das zweite die durch die Torsion bewirkte Asymmetrie der beiderseitigen Amplituden angibt.

Setzt man für  $\frac{M'}{e^3}$  den Mittelwert aus den Beobachtungen am Deklinometer bei  $E_1$ , bzw.  $E_2$ , ein und nimmt ebenso für  $H$  das Mittel aus den jeweiligen abgelesenen Intensitäten, während als Torsionswinkel wieder  $\omega - \frac{\pi}{2} = 133^\circ.3$  (vgl. S. 50) benutzt wird, so verhalten sich die aus dem ersten Gliede für beide Entfernungen berechneten Ausschlagwinkel zu ihren beobachteten Mittelwerten wie folgt:

Entf.	$\alpha$ berechnet		$\alpha$ beobachtet mm	$\Delta$ (= Beob. — Ber.)	
	Min.	mm		mm	$d\epsilon'$ (in $\gamma$ )
$E_1$	20.52	13.37	13.42	+ 0.05	— 0.012
$E_2$	42.13	27.44	27.93	+ 0.49	— 0.054

Bei der Umwandlung der Millimeter in Minuten der Nadeldrehung ist wieder der frühere Winkelwert  $1 \text{ mm} = 1,535 \text{ Min.}$  für die mittlere Distanz (18 cm) des Lichtpunktes vom Lotpunkte gebraucht (S. 50 unten).

Bei Variationen bis zu  $\pm 2 \text{ cm}$  um diese Mittellage schwankt der Winkelwert bis zu 0.01 Min. pro Skalenteil und würde somit eine Änderung der berechneten Ausschläge von  $d\alpha = \pm 0.1 \text{ mm}$  bei  $E_1$  und  $\pm 0.2 \text{ mm}$  bei  $E_2$  bewirken. Zieht man außerdem noch die Ungenauigkeit des nur angenähert bekannten Torsionswinkels  $\left(\omega - \frac{\pi}{2}\right)$  in Betracht, welcher für  $d\left(\omega - \frac{\pi}{2}\right) = \pm 1^\circ$  die Amplitude um gleich große Beträge von  $\pm 0.1$  bzw.  $\pm 0.2 \text{ mm}$  verändern würde, so erscheinen die Differenzen: Beob.—Ber. keineswegs groß.

Das zweite Glied des rechtseitigen Ausdrucks zeigt, wie bereits gesagt wurde, an, daß die Magnetometernadel aus der Ruhelage nicht symmetrisch abgelenkt wird, daß vielmehr die Winkel im Richtungsinne des Drehungsmoments größer sind als im entgegengesetzten.

Diese unter Benutzung derselben Mittelwerte wie vorher für  $\frac{M'}{e^3}$ ,  $H$  und  $\omega - \frac{\pi}{2}$  berechneten Asymmetriebeträge von  $d\alpha_{E_1} = 0.09 \text{ mm}$  bzw.  $d\alpha_{E_2} = 0.38 \text{ mm}$  bleiben hier außer Betracht, da bei der Auswertung der Skalenwerts-Bestimmungen stets 2 entgegengesetzte Amplituden paarweise gemittelt worden sind.

Der mit Hilfe des angenäherten Torsionswinkels berechnete Skalenwert

$$\epsilon' = 3.117 \gamma$$

(vgl. S. 52) übertrifft den Mittelwert  $\varepsilon' = 3.076 \gamma$  aus den sämtlichen Ablenkungs-Beobachtungen um die Differenz

$$\text{Beobachtung} - \text{Berechnung} = - 0.041 \gamma.$$

Bei der Ermittlung des ersteren Resultates war zunächst die Größe des Drehungswinkels der Nadel pro  $1 \gamma$  H-Variation erhalten worden, der unter Anlegung des für einen mittleren Lichtpunkt Abstand gültigen Winkelwertes erst in Skalenteile der Ordinate umgewandelt werden mußte. Dieser Winkelwert erleidet aber, wie wir bei der Feststellung seiner Korrekptionsgrößen gesehen haben, je nach der Lage des Lichtpunktes auf der Walze nicht geringe Variationen, insbesondere durch den Brechungseinfluß der Linse. Wollte man indessen für die jeweilige Kurvendistanz von der Basis in jedem einzelnen Falle diese Korrektion des Winkelwertes in die Berechnung hineinziehen, so könnte dieses zeitraubende genauere Verfahren nur auf der Grundlage einer sicheren Kenntnis des Torsionswinkels selbst Aussicht auf Erfolg haben, die aber bei unserem Variometer nicht vorliegt. Abgesehen davon, daß die Einrichtung seines Torsionskreises eine hinreichend sichere Ablesung des Winkels nicht zuließ, erübrigt sich das Anstreben einer derartigen Genauigkeit auch noch deshalb, weil die elastische Nachwirkung der Suspension und die Veränderlichkeit des magnetischen Momentes der Nadel in Erwägung zu ziehen ist. Durch diese beiden nicht gesondert feststellbaren Einflüsse wird eine Abweichung des benutzten Mittelwertes  $\omega - \frac{\pi}{2} = 133^\circ.3$  bis zu 1.3 Proz. nicht unwahrscheinlich, welche schon hinreichen würde, die in Frage kommende Differenz Berechnung — Beobachtung auszugleichen. Eine Nachprüfung der Torsion während der Zeit der Registrierungen verbietet sich naturgemäß durch die damit aufs neue veranlaßten störenden Begleiterscheinungen der elastischen Nachwirkung von selbst. Aus solcher Überlegung erscheint es unzweifelhaft, daß die rein experimentelle Methode der Skalenwerts-Bestimmungen vermittelt Ablenkungen durch einen Hilfsmagnet allein zu brauchbaren Resultaten führen kann. Da dieselben nur verhältnismäßig geringen Zeitaufwand erforderten, so standen ihrer häufigeren Wiederholung im Laufe des Beobachtungsjahres keine Bedenken entgegen; denn selbst der Nachteil, daß während der Ausführung der Skalenwerts-Messungen die Registrierkurven eine kurze Unterbrechung erleiden mußten, war in Anbetracht des ruhigen Kurvenverlaufs nur unwesentlich; die kleinen ausgefallenen Kurvenstücke ließen sich ohne bemerkenswerte Unsicherheit graphisch interpolieren.

Auch der jeweiligen verschiedenen Lage des Lichtpunktes auf der Walze, also dem Gang des Variometers, trugen die in regelmäßigen Zeitintervallen angestellten Beobachtungen Rechnung, so daß ein damit verbundener Gang des Skalenwertes leicht zu ermitteln war. Wie jedoch die Tabelle auf S. 55 zeigt, lassen die Differenzen der einzelnen Resultate untereinander einen Zusammenhang der Veränderlichkeit des Parswertes mit der Änderung der Kurvendistanz von der Basis nicht hervortreten, so daß die Mittelbildung aus sämtlichen Werten berechtigt erscheint (vergl. S. 55 unten). Die mittlere Abweichung der Einzelmessungen vom Gesamtmittel liegt hier innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Methode, bei der einerseits kleine Temperaturschwankungen unvermeidlich sind, die sowohl auf das Moment der Magnete, als auch auf die Länge der kupfernen Ablenkungsschiene einwirken, und bei der andererseits auch die Ablesung der Ausschlags-Amplituden Schätzungsfehler bis 0.2 mm einschließt.

**d) Der Temperatur-Koeffizient des Horizontal-Intensitäts-Variometers.**

Infolge der Abhängigkeit des magnetischen Momentes der Variometernadel und des Drehmomentes ihrer Suspension von der Temperatur bedingen Schwankungen der letzteren entsprechende Standänderungen der Intensitätskurve, deren Ausgleich mit Hilfe eines Reduktions-Koeffizienten nur für den Fall möglich ist, daß die Änderungen der Temperatur sich stetig und mit hinreichender Langsamkeit vollziehen. Wenn durch die umfassenden Isolationsvorrichtungen des Instrumentenraumes (vergl. Kap. II) eine absolute Konstanz der Temperatur auch nicht völlig erreicht wurde, so boten sie doch ein sicheres Mittel, ihre geringen Schwankungen um den Normalwert von  $19^{\circ}.5$  auf größere Zeitabszissen zu verteilen. Damit ist aber die Annahme gerechtfertigt, daß der gleiche durch den Thermograph der Wage registrierte Wärmezustand mit Abweichungen bis höchstens  $0^{\circ}.1$  auch den übrigen Variometern gemeinsam ist.

Die Ermittlung des Temperatur-Koeffizienten des Horizontal-Intensitäts-Variometers geschah nach der Rückkehr der Expedition im magnetischen Observatorium zu Potsdam. Im „Nordzimmer“ des „absoluten Hauses“ wurde das Deklinometer und Intensitäts-Variometer unter Beibehaltung derselben auf der Kerguelen-Station gebrauchten Entfernungen vor dem Registrierapparat aufgestellt, nur mit der einzigen, durch die Position der Steinpfeiler bedingten Änderung, daß die Reihe der Instrumente sich senkrecht zum magnetischen Meridian befand. Dicht hinter dem Deklinometer wurde zur gleichzeitigen Registrierung der Temperatur die Wage justiert, deren Magnet jedoch herausgenommen war.

Da der auf Kerguelen benutzte Quarzfaden des Intensitäts-Variometers den Transport auf der Rückreise nicht überstanden hatte, war bereits einige Monate vor Beginn der Registrierung ein neuer Faden eingezogen und während einer provisorischen Aufstellung in geeigneter Weise tordiert worden, damit der durch die elastische Nachwirkung gerade zu Anfang bewirkte starke Gang bei der Gewinnung der späteren definitiven Messungsreihen nicht mehr hinderlich war. Als Ausgangsmaterial für die nachfolgenden Untersuchungen wurden daher auch aus demselben Grunde die Tageskurven nur der letzten zwölf Tage vom 10. bis 21. Mai 1904 benutzt, obwohl der Betrieb des Registriersystems bereits gegen Ende März begonnen und außer einigen kleineren Unterbrechungen sechs Wochen hindurch gedauert hatte.

Zur Variierung der Temperatur wurde der Gasofen nur im „Südzimmer“, dem zweiten der untereinander in Verbindung stehenden Nebenräume, angestellt, damit die erzielten Temperaturschwankungen sich langsamer ausbreiten und so möglichst gleichzeitig dem Thermographen und dem zu prüfenden Magnetometer sich mitteilen konnten. Die größte Bewegung der Temperaturkurve überstieg dabei den auf Kerguelen gebrauchten Normalwert von  $19^{\circ}.5$  um  $2^{\circ}.5$  und erreichte ein Minimum von  $14^{\circ}.6$ . Mit den innerhalb dieser beiden Extreme wechselnden Temperaturen wurde der gleichzeitige Stand der Horizontal-Intensitätskurve in Vergleich gebracht, nachdem der letztere zuvor noch unter Anlegung des Skalenwertes auf den Basiswert seiner Abszisse reduziert worden war. Der Skalenwert wurde am 20. Mai vermittels der Ablenkungsmethode in derselben Weise wie auf der Kerguelen-Station bestimmt, indem der Hilfsmagnet nacheinander in zwei Entfernungen zu den beiden Variometernadeln gebracht wurde und dabei jedesmal die vier verschiedenen Lagen einnahm.

Mit Hilfe der gleichzeitigen Ablesungen am Potsdamer Kontrollsystem wurden noch die inzwischen aufgetretenen Variationen eliminiert und die Ausschlagswinkel auf einen Normalstand reduziert, aus denen sich dann folgende Mittelwerte ergaben:

Skalenwerts-Bestimmung am Horizontal-Intensitäts-Variometer XIV  
in Potsdam (nach der Rückkehr).

Datum.	Entf.	$\varepsilon n_D$	$n_J$	$\omega$	$\omega H = \varepsilon'$	Mittel $\varepsilon'$
		Min.	mm	0.000 ...	$\gamma$	$\gamma$
1904. Mai 20.	E <sub>1</sub>	14.75	14.20	302	5.70	5.69
" " "	E <sub>2</sub>	22.00	21.25	301	5.68	

Die vorstehende Zusammenstellung zeigt eine gute Übereinstimmung der Resultate aus den beiden Messungsgruppen bei großer (E<sub>1</sub>) und kleiner (E<sub>2</sub>) Entfernung mit dem Mittelwert  $\varepsilon' = 5.69\gamma$ . Da die mit diesem Faktor vorgenommenen Reduktionen sich nur auf Ordinatenlängen bis zu 26 mm erstrecken, würde eine Ungenauigkeit des Parswertes selbst bis zu drei Einheiten der zweiten Dezimale ein Maximum des Auswertungsfehlers von noch nicht  $1\gamma$  bewirken.

Tab. IV.

Bestimmung des  
Temperatur-Koeffizienten des Horizontal-Intensitäts-Variometers  
während der Aufstellung in Potsdam (Serie A).

Lfd. Nr.	Datum	M. O.-Z.	t mm	n'		H		71.0 - t mm	18977.0 - n' <sub>B</sub> $\gamma$	$\gamma$ pro 1 mm
				mm	$\gamma$	n'	n' <sub>B</sub>			
	1904					0.18 . . . . .	18940.0			
1	Mai 11	2p	16.5	24.4	138.8	870.1	+ 68.9	+ 54.5	- 31.9	- 0.585
2	" 10	9p	21.9	21.9	124.6	877.5	+ 62.1	+ 49.1	- 25.1	- 0.511
3	" 11	3p	25.6	22.4	127.5	874.0	+ 61.5	+ 45.4	- 24.5	- 0.540
4	" 10	10p	31.5	20.9	118.9	878.1	+ 57.0	+ 39.5	- 20.0	- 0.506
5	" 12	10p	38.8	20.5	116.6	879.3	+ 55.9	+ 32.2	- 18.9	- 0.587
6	" 10	11p	39.4	20.3	115.5	876.2	+ 51.7	+ 31.6	- 14.7	- 0.465
7	" 11	1a	51.3	19.9	113.2	875.5	+ 48.7	+ 19.7	- 11.7	- 0.594
8	" 11	6p	51.0	19.7	112.1	874.6	+ 46.7	+ 20.0	- 9.7	- 0.485
9	" 11	10p	58.5	18.7	106.4	879.0	+ 45.4	+ 12.5	- 8.4	- 0.672
10	" 18	8a	67.6	24.8	141.1	841.6	+ 42.7	+ 3.4	- 5.7	- 1.676
11	" 12	0a	61.6	18.5	105.3	874.6	+ 39.9	+ 9.4	- 2.9	- 0.309
12	" 11	7a	74.1	20.3	115.5	863.2	+ 38.7	- 3.1	- 1.7	+ 0.548
13	" 18	0p	72.5	23.5	133.7	842.0	+ 35.7	- 1.5	+ 1.3	- 0.867
14	" 16	9p	81.7	15.9	90.5	882.5	+ 33.0	- 10.7	+ 4.0	- 0.374
15	" 17	0a	84.5	16.3	92.7	876.5	+ 29.2	- 13.5	+ 7.8	- 0.578
16	" 17	3a	91.5	14.6	83.1	882.5	+ 25.6	- 20.5	+ 11.4	- 0.556
17	" 17	5a	96.5	14.3	81.4	880.6	+ 22.0	- 25.5	+ 15.0	- 0.588
18	" 17	7a	101.5	18.7	106.4	854.6	+ 21.0	- 30.5	+ 16.0	- 0.525
19	" 17	8a	103.5	19.7	112.1	846.7	+ 18.8	- 32.5	+ 18.2	- 0.560
20	" 17	2p	103.6	20.0	113.8	843.2	+ 17.0	- 32.6	+ 20.0	- 0.613
21	" 20	10p	115.3	14.7	83.6	868.6	+ 12.2	- 44.3	+ 24.8	- 0.560
22	" 21	7a	123.0	15.9	90.5	858.1	+ 8.6	- 52.0	+ 28.4	- 0.546
23	" 21	10a	122.0	18.8	107.0	841.6	+ 8.6	- 51.0	+ 28.4	- 0.557
			71.0				+18977.0			- 0.552

Aus den täglichen Photogrammen vom 10. bis 21. Mai 1904 wurden nun zunächst alle diejenigen Stundenwerte (nach mittl. Ortszeit) herausgenommen, welche nur sehr ruhigen Kurvenstücken angehörten und zugleich gut ablesbar waren. Nachdem die Ordinaten der Temperaturkurve zu den entsprechenden Zeiten ebenfalls ermittelt waren, wurden aus der so erhaltenen Übersichtstabelle zwei getrennte parallele Gruppen (vergl. untenstehende Tab. A u. B) aufgestellt, von denen jede 23 Ablesungen enthielt. Diese letzteren waren ganz willkürlich herausgewählt, nur wurde darauf geachtet, daß die zugehörigen Temperaturen voneinander möglichst verschieden waren. Nach Umrechnung der Ordinatenlängen der Intensitätskurve in  $\gamma$ -Einheiten wurden dieselben mit Hilfe der Simultanwerte von H des Potsdamer Hauptsystems auf die Basis reduziert. Da bei wachsender Intensität die Kurve einen absteigenden Verlauf nahm, mußte die in  $\gamma$ -Einheiten ausgedrückte Ordinate für den Rückgang auf ihre Basis zu dem zugehörigen Intensitätswerte addiert werden. Die so entstandenen Summen hätten also, wenn kein Temperatureinfluß vorlag, einander gleich sein müssen; durch die Gegenüberstellung ihrer Differenzen mit den Unterschieden der Temperatur läßt sich daher der Reduktions-Koeffizient berechnen.

Tab. IV.

**Bestimmung des  
Temperatur-Koeffizienten des Horizontal-Intensitäts-Variometers  
während der Aufstellung in Potsdam (Serie B).**

Lfd. Nr.	Datum	M. O.-Z.	t mm	n'		H		87.6 - t mm	18967.8 - n' <sub>B</sub> $\gamma$	$\gamma$ pro 1 mm
				mm	$\gamma$	n'	n' <sub>B</sub>			
	1904					0.18 . . . . .	18940.0			
1	Mai 11	4P	35.2	21.7	123.5	872.1	+ 55.6	+ 52.4	- 27.8	- 0.531
2	" 11	0a	45.5	20.5	116.6	872.7	+ 49.3	+ 42.1	- 21.5	- 0.511
3	" 11	2a	56.1	19.2	109.2	875.2	+ 44.4	+ 31.5	- 16.6	- 0.527
4	" 11	9P	57.6	18.4	104.7	880.9	+ 45.6	+ 30.0	- 17.8	- 0.593
5	" 18	4a	62.4	20.7	117.8	867.3	+ 45.1	+ 25.2	- 17.3	- 0.686
6	" 12	4P	64.1	23.3	132.6	846.0	+ 38.6	+ 23.5	- 10.8	- 0.460
7	" 11	4a	64.3	19.1	108.7	872.7	+ 41.4	+ 23.3	- 13.6	- 0.584
8	" 16	7P	75.5	18.7	106.4	870.2	+ 36.6	+ 12.1	- 8.8	- 0.727
9	" 16	8P	76.6	17.8	101.3	873.6	+ 34.9	+ 11.0	- 7.1	- 0.645
10	" 13	7a	76.7	26.1	148.5	822.5	+ 31.0	+ 10.9	- 3.2	- 0.294
11	" 12	9a	85.0	17.8	101.3	868.5	+ 29.8	+ 2.6	- 2.0	- 0.769
12	" 17	1a	86.5	16.2	92.2	876.8	+ 29.0	+ 1.1	- 1.2	- 1.091
13	" 17	4P	97.8	18.3	104.1	857.4	+ 21.5	- 10.2	+ 6.3	- 0.618
14	" 17	6a	99.0	15.7	89.3	874.9	+ 24.2	- 11.4	+ 3.6	- 0.316
15	" 17	1P	105.4	21.2	120.6	836.5	+ 17.1	- 17.8	+ 10.7	- 0.601
16	" 17	10a	106.5	25.8	146.8	810.8	+ 17.6	- 18.9	+ 10.2	- 0.540
17	" 17	11a	106.6	24.0	136.6	819.7	+ 16.3	- 19.0	+ 11.5	- 0.605
18	" 20	9P	113.5	14.5	82.5	870.2	+ 12.7	- 25.9	+ 15.1	- 0.583
19	" 21	1a	117.6	14.5	82.5	868.8	+ 11.3	- 30.0	+ 16.5	- 0.550
20	" 21	2a	118.4	14.2	80.8	869.8	+ 10.6	- 30.8	+ 17.2	- 0.558
21	" 21	4a	120.5	13.6	77.4	872.0	+ 9.4	- 32.9	+ 18.4	- 0.559
22	" 21	5a	121.6	13.6	77.4	871.4	+ 8.8	- 34.0	+ 19.0	- 0.559
23	" 21	9a	122.5	20.3	115.5	833.3	+ 8.8	- 34.9	+ 19.0	- 0.544
			87.6				+18967.8			- 0.585

In den vorstehenden beiden Tabellen IV (A) und IV (B), welche die bereits erwähnten Gruppen von je 23stündlichen Werten enthalten, ist die Reihenfolge der Messungsergebnisse nach Größen der Temperatur geordnet, welche in der Spalte (t) in Millimetern der Ordinate ausgedrückt ist, deren Anwachsen ein Sinken der Temperatur bedeutet. Die nächste Kolumne (n') enthält die Stundenwerte der Intensitätskurve in Millimetern und  $\gamma$ -Einheiten, während die folgende (H) die gleichzeitigen Absolutwerte der Horizontalintensität für jene Ablesungen bringt, welche dann unter  $n'_B$  auf die Basis selbst reduziert sind. Die letzten drei Spalten haben den Zweck, die spätere Ausgleichsrechnung zu vereinfachen, indem sie die Abweichungen der Temperaturen und der reduzierten  $n'$ -Werte von ihren Gesamtmitteln feststellen und durch ihre Division die Änderung des Basiswertes pro 1 mm Temperaturunterschied ergeben. Das Mittel aus diesen Quotienten stellt aber schon den Näherungswert des Temperatur-Koeffizienten dar, der in beiden Fällen auf die erste Dezimale abgerundet  $\mp 0.6 \gamma$  für  $\pm 1$  mm der Temperatur-Ordinate beträgt.

Zur genaueren Berechnung dieser Konstanten und einer zweiten für das quadratische Glied diene die übliche Ausgleichsform:

$$H_t - H_{t_0} = K_1 [t_0 - t] + K_2 [t_0 - t]^2$$

Nimmt man als Näherungswerte für die beiden Gleichungen

	$H_{t_0}$	$K_1$	$K_2$
A	$18977.0 + z$	$0.6 + x$	$+ 0.1 y$
B	$18967.8 + z$	$0.6 + x$	$+ 0.1 y$

wo überall die  $\gamma$ -Einheit zugrunde gelegt ist, so erhalten die Fehlergleichungen folgende Form:

$$A) v = H_t - 18977.0 - z - 0.6(71.0 - t) - x(71.0 - t) - \frac{y}{10}(71.0 - t)^2$$

$$B) v = H_t - 18967.8 - z - 0.6(87.6 - t) - x(87.6 - t) - \frac{y}{10}(87.6 - t)^2$$

Bei der Auflösung der beiden Gleichungsgruppen ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die einzelnen Horizontalreihen um so sicherere Werte ergeben, je weiter sie von der Mitte entfernt liegen, da die in den beiden vorletzten Vertikalspalten angeführten Differenzen der Millimeter und  $\gamma$ -Einheiten von ihrem Mittel nach der Mitte zu immer geringer und daher auch weniger verläßlich werden. Als Gewichte sind die in der vorletzten Kolonne angegebenen Daten selbst benutzt und in die Ausgleichsrechnung mit ihrer auf ganze Zahlen abgerundeten Quadratwurzel hineingezogen worden. Werden auf diese Weise beide Ausgleichsrechnungen durchgeführt, so ergeben sich die Resultate:

$$A) H_t = 18976.2 + 0.552(71.0 - t) + 0.0003(71.0 - t)^2$$

$$m_z = \pm 0.6, \quad m_{k_1} = \pm 0.008, \quad m_{k_2} = \pm 0.0003$$

$$B) H_t = 18968.6 + 0.558(87.6 - t) - 0.0009(87.6 - t)^2$$

$$m_z = \pm 0.5, \quad m_{k_1} = \pm 0.010, \quad m_{k_2} = \pm 0.0004.$$

Da die Koeffizienten der quadratischen Glieder infolge der Verschiedenheit ihrer Vorzeichen sowohl als auch infolge ihrer verhältnismäßig großen mittleren Fehler sich als sehr unsicher erweisen, so können sie im Hinblick auf ihre sehr geringfügigen Werte ganz vernachlässigt werden, zumal die vorzunehmenden Reduktionen sich nur auf sehr kleine Temperaturdifferenzen beschränken.

Bei der Aufstellung in Potsdam entsprach die Ordinatenlänge von 54.7 mm der auf Kerguelen eingehaltenen Normaltemperatur von 19°.5. Reduziert man beide Gleichungen auf diesen Wert, so ergibt die Vereinigung derselben unter Fortlassung der quadratischen Glieder das Endresultat:

$$H_t - H_{54.7} = 0.555(54.7 - t) \pm 0.006(54.7 - t).$$

Der Parswert der Thermographenkurve in Potsdam war 14.5 mm pro 1° Temp. (vgl. S. 74ff.). Daraus berechnet sich der Temperatur-Koeffizient des Horizontal-Intensitäts-Variometers

zu  $(8.05 \pm 0.09) \gamma$  für 1° Temperatur-Differenz.

### 3. Das Vertikal-Intensitäts-Variometer.

In derselben Weise wie bei den oben beschriebenen Variometern der Deklination und Horizontal-Intensität die instrumentellen Verbesserungen darauf abzielten, dem Magnetsystem eine größere Beweglichkeit zu erteilen und gleichzeitig die Dauer seiner Eigenschwingungen auf ein Mindestmaß zu beschränken, lagen solche Bemühungen auch der fortschreitenden Vervollkommnung der LLOYDSchen Wage zugrunde.

Den massiven, 12 Zoll langen magnetischen Wagebalken des ursprünglichen Instrumentes hatte schon frühzeitig WILD durch einen Röhrenmagnet von nur 11 cm Länge ersetzt.<sup>1)</sup> Die Variometer, welche nach seinen Angaben von EDELMANN<sup>2)</sup> in München angefertigt waren und zum Teil bereits im Polarjahre 1882/83 mit gutem Erfolge zur Verwendung gelangten, enthielten außerdem die wesentliche Verbesserung, daß vermittelt eines total reflektierenden Prismas die Bewegung des Magneten um eine horizontale Achse in eine scheinbare Drehung um eine vertikale verwandelt wurde, so daß die Ablesung der Variationen ebenso wie bei den übrigen Variometern auf horizontalen Skalen erfolgen konnte.

Zur weiteren Gewichtsverminderung hatte MASCART<sup>3)</sup> dem Wagemagneten die Gestalt einer nur 4 mm dicken rautenförmigen Stahllamelle mit abgestumpften Ecken gegeben. Diese letztere Form behielt ESCHENHAGEN<sup>4)</sup> im wesentlichen bei, nur wurde der Magnet noch auf beiden Seiten mit größeren Ausschnitten versehen, der infolge einer gleichzeitigen Verringerung seiner Dicke auf 1—2 mm leicht genug wurde, daß die bisher zum Tragen des Wagebalkens benutzten Schneiden durch feine Spitzen ersetzt werden konnten. Die Einrichtung des auch in anderer Beziehung durch den genannten Forscher sehr vervollkommneten Variometers, das von der Firma O. TOEPFFER zu Potsdam für die Südpolar-Expedition angefertigt wurde (Fig. 16), besteht in der Haupt-

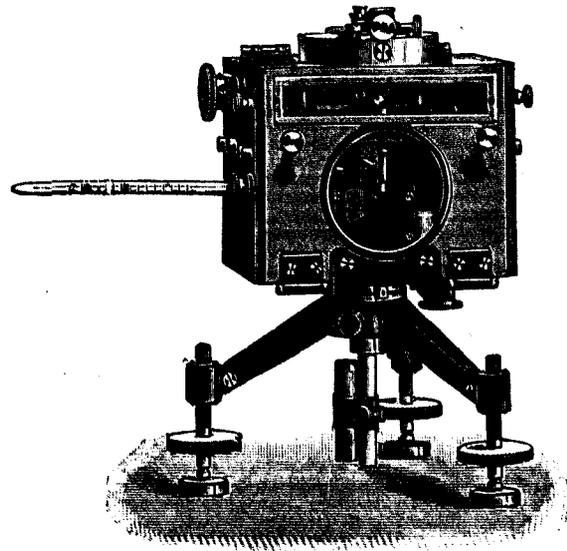


Fig. 16. Vertikal-Intensitäts-Variometer  
Von O. TOEPFFER-Potsdam.

<sup>1)</sup> H. WILD, Neue Form magnetischer Variations-Instrumente. Akad. St. Petersburg 1889, VII. Ser. T. 37 Nr. 4.

<sup>2)</sup> M. EDELMANN, Die erdmagnetischen Apparate der Polar-Expeditionen i. J. 1883. Braunschweig 1882.

<sup>3)</sup> E. MASCART, Traité de Magnétisme Terrestre. Paris 1900 pag. 196.

<sup>4)</sup> M. ESCHENHAGEN, Über eine neue Form der LLOYDSchen Wage. Terr. Magnetism. Vol. VI, Nr. 2.

sache aus einem derartigen horizontal gelagerten, 9.2 cm langen Magneten von der ange deuteten rhombischen Gestalt. Zur Dämpfung der Schwingungen sind seine beiden Enden von kleinen Kupferbüchsen umgeben. An Stelle eines besonderen aufgeschraubten Spiegels ist ein solcher auf der Unterseite des kreisförmigen Mittelstückes der Lamelle selbst aufgeschliffen. Zu beiden Seiten dieses Spiegels endigt die Querachse in zwei aufwärts gerichtete, rechtwinklige, nach außen gebogene Ansatzstücke, in die von oben kleine Schrauben eingedreht sind, so daß ihre äußerst fein zugeschliffenen Endspitzen in die gleiche Ebene der Lamelle hinabreichen und hier um kleine Beträge verstellbar sind. Als Auflager für dieselben dienen plangeschliffene horizontale Achatplatten, die von festen Metallstützen getragen werden. Zwischen diesen ist unter der Mitte des Wagemagneten das Prisma aufgestellt, welches die von der Spaltlampe herkommenden, durch die vordere Linse gesammelten Strahlen auf ihrem Hin- und Rückwege rechtwinklig bricht, gleichzeitig aber auch den Teil der Strahlen geradlinig durchläßt, welche durch zwei hinter dem Prisma nebeneinander an der Rückwand des Gehäuses angebrachte vertikale Spiegel aufgefangen und reflektiert werden. Von diesen beiden ist der linke der Mirenspiegel, der vermittelt zweier durch die Hinterwand führenden Stellschrauben von außen her justiert werden kann; der zweite Spiegel ist unter Weglassung jedes störenden Zwischenmechanismus mit dem freien Ende einer BOURDON-Röhre unmittelbar verbunden, welche auf dem Boden des Variometergehäuses befestigt ist und zur gleichzeitigen Registrierung der Temperatur dient. Zur Kontrolle des Thermographen ist in die linke Seitenwand des umgebenden Kastens ein kleines Thermometer eingelassen, das von außen her ablesbar ist.

Das Gehäuse selbst wird von einem Dreifuß mit Stellschrauben getragen, auf welchem es um einen vertikalen Mittelzapfen drehbar angebracht ist und durch eine seitliche Arretierschraube geklemmt wird.

#### a) Die Aufstellung der Wage.

Das Vertikal-Intensitäts-Variometer erhielt seinen Platz gegenüber der Registrieruhr II in der Nordostecke des Variationshauses (vgl. Tafel I). Die Entfernung des Magnetspiegels von der Walze betrug angenähert 183 cm, so daß sich ein Winkelwert von rund 0.9 Min. pro Millimeter der Kurvenordinate ergibt. Von einer genaueren Berechnung dieses Winkelwertes und der Ermittlung seiner durch die Brechungseinflüsse der zwischenliegenden Glaskörper verursachten Korrekturen kann hier im Hinblick auf das im nachfolgenden erörterte sehr ungleichmäßige Verhalten des Wagemagneten abgesehen werden. Die Justierung des Variometers geschah in der Weise, daß eine empfindliche Röhrenlibelle in verschiedenen Richtungen auf das Gehäuse aufgelegt wurde. Der Mangel eines Niveaus, welches in unmittelbarer Verbindung mit den Achatplatten stand, machte sich hierbei sehr fühlbar, denn es fehlte somit jedes Mittel, die Lager für sich genau horizontal auszurichten. Auch war eine Kontrolle, das spätere Eintreten einer Neigung dieser Auflager oder auch überhaupt des ganzen Variometers in der Schwingungsebene des Wagemagneten festzustellen, nicht möglich, da der einzige Mirenspiegel selbst mit dieser Ebene parallel war und daher eigentlich nur für die Erzeugung der Basislinie der Thermographenkurve in Betracht kommen konnte. Der Mirenspiegel der Wage hingegen muß, wie dies schon bei den WILDschen Apparaten geschehen ist, horizontal, also parallel mit den Auflagerflächen angeordnet sein. Als ein noch größerer Vorteil wird es sich erweisen, wenn die Achatplatten selbst planparallel zugeschliffen und auf ihrer Unterseite mit einer Spiegelbelegung versehen sind, welche zwei

getrennte Basislinien hervorrufen. Der Umstand, daß die Distanzen von den Spiegeln der Achatplatten und des Magneten nicht genau dieselben sind, und daß auf diese Weise die beiden Basislinien auf dem Papier nicht die gleiche Strichschärfe der Intensitätskurve erreichen können, dürfte praktisch wegen der geringfügigen Differenz jener Abstände ohne störende Wirkung bleiben. Andererseits wird aber durch eine solche Anordnung der Mirenspiegel gleichzeitig ein sicheres Mittel an die Hand gegeben, die wesentlichen Bestandteile des Variometers, nämlich die Auflagerflächen des Wagemagneten, schon bei der Aufstellung genau zu nivellieren, da unter der Voraussetzung einer sorgfältigen Anfertigung des Instrumentes und richtiger Abmessungen beim Aufstellen der Apparate jene beiden Mirenpunkte in vorher zu bestimmender Höhe auf der Walze auffallen müssen, sobald die Achatplatten sich in horizontaler Ebene befinden.

#### b) Verhalten der magnetischen Wage im allgemeinen.

Da die Schwingungsebene des Wagemagneten senkrecht zum Meridian steht, so vereinfacht sich der Ausdruck für das Maß der Empfindlichkeit des Instrumentes zu

$$p = \frac{1}{2l} \tan \gamma \quad 1),$$

wo  $p$  den Skalenwert,  $l$  den Abstand und  $\gamma$  den Winkel bedeutet, welchen die Verbindungslinie vom Schwerpunkt und Unterstützungspunkt mit der magnetischen Achse bildet.

Zur Erhöhung der Empfindlichkeit muß daher der Winkel  $\gamma$  möglichst klein gemacht, also die magnetische Vertikalkomponente mittels einer großen Gegenbelastung kompensiert werden. Abgesehen davon, daß diese Maßnahme ein kräftiges magnetisches Moment des Wagebalkens und damit wieder den Nachteil eines schwereren Magneten mit sich bringt, veranlaßt sie auch eine Asymmetrie der Empfindlichkeit der Ausschläge nach den verschiedenen Seiten. Dem Vorschlage W. GIESES<sup>2)</sup> folgend, hatten daher ESCHENHAGEN und EDLER in Potsdam Versuche angestellt, die darauf abzielten, unter teilweiser Verzichtleistung auf die Schwerkraft zum Ausbalancieren der Wage die magnetische Vertikalkraft durch besondere Rücklenkungsmagnete zu kompensieren und gleichzeitig dadurch auch den Einfluß der Temperatur unschädlich zu machen.<sup>3)</sup> Für den Fall, daß ein einziger oberhalb oder unterhalb des Variometers wirkender Rücklenkungs-Magnet nicht ausreichte, das magnetische Erdfeld gleichmäßig zu schwächen oder ganz aufzuheben, ließ ESCHENHAGEN noch zwei weitere symmetrisch zum Wagemagnet angeordnete kleinere Magnete innerhalb des Variometer-Gehäuses selbst anbringen.

Auf solche Weise war auch das Instrument der Kerguelen-Station mit drei Rücklenkungsmagneten ausgestattet worden. Zu beiden Seiten der Auflager befanden sich in der durch die Spitzen gehenden Vertikalebene je ein senkrecht eingeschraubter kleiner Magnet, während ein dritter kräftigerer in der Mitte unter dem Gehäuse in gleicher Stellung befestigt war. Gleichzeitig war jedoch die ursprüngliche Methode der Kompensierung der Vertikalkraft durch ein unter diesen Umständen nur sehr geringes Gegengewicht zur Vervollständigung noch beibehalten worden. Zu diesem Zweck waren zwei kleine Mutterschräubchen als Laufgewichte vorgesehen, welche zu

<sup>1)</sup> H. WILD, Neue Form magnetischer Variations-Instrumente, Akad. St. Petersburg. VII. Ser. T. 37 Nr. 4.

<sup>2)</sup> W. GIESE, Kritisches über die auf arktischen Stationen für magnetische Messungen zu benutzenden Apparate, EXNERS Rep. Bd. 22.

<sup>3)</sup> M. ESCHENHAGEN, Über eine neue Form der LLOYDSchen Wage, Terr. Magnetism. Vol. VI Nr. 2.

beiden Seiten des Spiegels auf zwei in der Mittelachse des Wagemagneten befindlichen Gewindestiften verstellbar waren. Die Regulierung der Empfindlichkeit geschah durch eine dritte ebensolche auf der Mitte des Spiegels aufstehende Schraube. Die ersten experimentellen Versuche, welche mit der Kombinierung dieser beiden Kompensations-Methoden des magnetischen vertikalen Erdfeldes von den beiden genannten Forschern vorgenommen wurden, fielen in die Zeit kurz vor der Ausreise der Expedition und hatten zwar zu befriedigenden, aber doch nur vorläufigen Resultaten geführt. Diese waren für die Konstruktion des Vertikal-Intensitäts-Variometers der Kerguelen-Station ausschlaggebend gewesen, wobei es allerdings wegen der Kürze der Zeit nicht mehr möglich wurde, hinreichende Untersuchungen vorher noch mit dem Apparat selbst vorzunehmen. Bei der Aufstellung des Variometers auf der Station wurde der größere, unter dem Gehäuse befindliche Rücklenkungsmagnet fortgelassen in der Erwägung, daß derselbe sich infolge seiner zu kurzen Befestigungsschiene nicht genügend weit vom Wagemagneten abrücken lassen würde, um ein über die ganze Ausdehnung des letzteren sich erstreckendes homogenes magnetisches Feld zu garantieren. So wurden nur die beiden viel kleineren, symmetrisch verteilten Kompensationsmagnete und die Laufgewichte zur Ausbalancierung des Wagebalkens beibehalten.

Es waren von diesen beiden Vorrichtungen Nachteile zu befürchten, da sowohl durch den Stabmagnetismus der kleinen Magnete ein variables Element eingeführt war, durch welches Standänderungen bewirkt werden konnten, als auch der Winkel  $\gamma$  durch geringfügige Verschiebungen des Laufgewichtes Änderungen erfuhr, durch welche der Stand und Skalenwert des Variometers beeinflußt werden mußte.

Tatsächlich haben sich auch im Laufe des Jahres nicht nur beträchtliche Standänderungen, sondern auch erhebliche Schwankungen der Empfindlichkeit herausgestellt.

Der tägliche Gang des Variometers beträgt, wie schon eine oberflächliche Betrachtung des gesamten Kurvenmaterials erkennen läßt — eine genauere Feststellung kann erst nach Besprechung der kontrollierenden absoluten Messungen erfolgen —, in der ersten Zeit bis zu zwei und später durchschnittlich einen Millimeter der Ordinate, während die Empfindlichkeit zwischen 3 und 7  $\gamma$  für einen Skalenteil schwankt, wie die weiter unten stehenden Skalenwerts-Bestimmungen zeigen. Welchem der beiden oben erwähnten Faktoren die Hauptschuld an diesem ungleichmäßigen Verhalten des Instrumentes zuzuschreiben ist und inwieweit nicht auch eine geringe unkontrollierbare Neigung der Achatlager hierbei von Einfluß war, muß dahingestellt bleiben; von eingehenden Untersuchungen während des Beobachtungsjahres selbst wurde aus dem doppelten Grunde Abstand genommen, daß einerseits ein zweites zur Kontrolle dienendes Variometer nicht zur Verfügung stand und andererseits, selbst beim Vorhandensein eines solchen, durch das Experimentieren der Betrieb der anderen Magnetometer sowohl direkt als auch durch Temperatur-Schwankungen infolge des Aufenthalts des Beobachters in dem kleinen Raum Störungen erlitten hätte.

Im Hinblick hierauf mußte man sich darauf beschränken, die Größe der Standänderungen in Form eines täglichen Ganges auf Grund entsprechend zahlreicher absoluter Messungen der Inklination festzustellen, von denen an jedem Tage zwei, an Termintagen zumeist drei vorgenommen wurden.

Die Schwankungen der Empfindlichkeit sind durch häufigere Skalenwerts-Bestimmungen, welche zumeist zweimal während eines Monats stattfanden, ermittelt worden.

Während die erstgenannten absoluten Messungen naturgemäß erst in einem späteren Kapitel erörtert werden können, sollen die Skalenwerts-Bestimmungen hier folgen.

### c) Skalenwerts-Bestimmungen am Vertikal-Intensitäts-Variometer.

Die Messungen der Empfindlichkeit der LLOYDSchen Wage wurden vermittelt der Ablenkungs-Methode in analoger Weise wie beim Horizontal-Intensitäts-Variometer vorgenommen. Die Ablenkungsschiene wird zu diesem Zweck in den horizontalen Stützen eines Ringes eingeschraubt, der auf dem Deckel des Variometergehäuses sich zentrisch um die vertikale Mittelachse des Instrumentes drehen läßt. Die kleinen Magnetträger behalten ihren alten Platz auf der Schiene bei; um ihre Entfernungen von der Mittelachse der Wage in genaue Übereinstimmung mit denen am Deklinometer zu bringen, war auch hier ein kleines Korrektions-scheibchen notwendig, das zwischen Schiene und dem Ringansatz eingeschoben werden mußte. Auf den nach abwärts gedrehten Magnetträgern sitzt der Hilfsmagnet vermittelt eines zweimal rechtwinklig gebogenen Zwischenstückes in der Weise auf, daß er um eine horizontale Achse drehbar ist, welche in die Verlängerung der Längsachse des Wagemagneten hineinfällt, sobald die Schiene während der Ablenkungen in die Schwingungsebene des letzteren hineingedreht wird. Den vier Stellungen des Hilfsmagneten am Deklinometer, welche bei diesen Bestimmungen dieselben waren, wie sie weiter oben (vgl. S. 54) angeführt sind, entsprechen hier wiederum vier verschiedene Ablenkungen nach folgendem Schema:

	Magnet östl. v. W.-M.		Magnet westl. v. W.-M.
1.	Nordende unten	3.	Nordende oben
2.	„ oben	4.	„ unten

Während der Beobachtungen in der ersten Zeit war das bereits erwähnte Zwischenstück auf der Ablenkungsschiene stets so gedreht, daß der Ablenkungsmagnet — von der Wage aus betrachtet — sich jenseits desselben befand. Von Mitte Mai ab wurde an diese erste, mit „Magnet außen“ bezeichnete Gruppe der vier Ablenkungen jedesmal sofort noch eine zweite mit „Magnet innen“ angeschlossen, bei der dann der Magnetstab zwischen Wage und Zwischenstück eingestellt war. Im Falle nämlich durch ungenaues Einpassen des letzteren die Mittelachse des Magneten nicht mehr mit der vertikalen Mittellinie des Trägers koinzidiert, erleidet natürlich der Magnetabstand eine entsprechende Änderung, die jedoch durch die entgegengesetzte Stellung des Zwischenstückes in der zweiten Gruppe wieder kompensiert wird.

Der Vergleich der Ausschlags-Amplituden mit „Magnet außen“ und „Magnet innen“ untereinander ermöglicht die Berechnung der für die anfänglich nur mit „Magnet außen“ vorgenommenen Ablenkungen erforderlichen Reduktionen. Aus 15 Bestimmungen bei kleiner und 28 bei großer Entfernung ergibt sich hier im Mittel als Korrektion nur — 0.05 bzw. — 0.02 mm der Ordinate, wobei die mittlere Abweichung der Einzeldifferenz  $\pm 0.30$  bzw.  $\pm 0.25$  beträgt. Da die Ermittlung der Punktabstände auf dem Registrierbogen eine Unsicherheit der Ablesung bis zu 0.2 mm nicht ausschließt, erübrigt sich die Berücksichtigung einer derartig kleinen Korrektion von selbst, so daß die Vermehrung der Ablenkungen um die zweite Gruppe lediglich eine Anhäufung selbständiger Beobachtungen darstellt zugunsten einer höheren Genauigkeit der Gesamtergebnisse.

Die Anwendung der Fundamentalgleichung für die zweite Hauptlage nach GAUSS

$$e^3 \frac{H}{M} \operatorname{tg} \varphi = 1 - \frac{1}{e^2} \left[ \frac{3}{2} \frac{M_2}{M} - 6 \frac{M'_2}{M'} \right]^{1)},$$

in welcher das Glied mit  $\sin^2 \varphi$  und die Ausdrücke mit höherer Potenz bereits fortgelassen sind, ergibt für die Ablenkungen am Deklinometer:

$$e^3 \frac{H}{M} \operatorname{tg} \varphi_D = 1 - \frac{1}{e^2} \left[ \frac{3}{8} d_s^2 - \frac{3}{2} d_D^2 \right] = C_D,$$

und an der Wage:

$$e^3 \frac{V}{M} \operatorname{tg} \varphi_W \cdot \operatorname{tg} \omega = 1 - \frac{1}{e^2} \left[ \frac{3}{8} d_s^2 - \frac{3}{2} d_W^2 \right] = C_W,$$

wobei an Stelle der Quotienten  $\frac{M_2}{M}$  und  $\frac{M'_2}{M'}$  die entsprechenden Poldistanzen für den Hilfsstab ( $d_s$ ), die Deklinometernadel ( $d_D$ ) und den Wagemagneten ( $d_W$ ) eingeführt sind.<sup>2)</sup>

Der Winkel  $\omega$  ist von der Verbindungslinie des Schwerpunktes mit der Drehungsachse und der Mittelachse des Wagemagneten gebildet, die übrigen Bezeichnungen bedürfen keiner Erläuterung.

Durch Division der beiden Gleichungen erhält man die Beziehung für  $\operatorname{tg} \omega$

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{H}{V} \frac{\operatorname{tg} \varphi_D}{\operatorname{tg} \varphi_W \cdot K},$$

wenn für  $K = \frac{C_D}{C_W}$  gesetzt wird. Wegen der beträchtlichen Längenverschiedenheit der beiden Variometermagnete kann die Abweichung des letzteren Faktors  $K$  von 1 nicht unberücksichtigt bleiben. Für die Berechnung der Ausdrücke  $C_D$  und  $C_W$  ist daher die Kenntnis der angenäherten Magnetentfernungen auf der Schiene notwendig. Die kleine Entfernung  $e = 15.16$  cm war durch direkte Messung mit einem geprüften Maßstab gefunden; nimmt man als genäherte Poldistanz  $\frac{5}{6}$  der gleichen Länge (2.5 cm) des Deklinometer-Magneten und des Hilfsstabes, so wird für die kleine Entfernung

$$C_{D,e} = 1.021.$$

Zur vorläufigen Ermittlung des ungefähren Wertes von  $C_{D,E}$  für die große Entfernung wurde die letztere zunächst angenähert zu 20.0 cm angenommen; daraus berechnet sich in derselben Weise

$$C_{D,E=20.0} \approx 1.012.$$

Werden die Größen  $C_{D,E}$  und  $C_{D,e}$  in die Gleichung

$$E = e \left[ \frac{\operatorname{tg} \varphi_e C_{D,E}}{\operatorname{tg} \varphi_E C_{D,e}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

eingesetzt, wobei für  $\operatorname{tg} \varphi_k$  und  $\operatorname{tg} \varphi_g$  die Mittel aus den beiden Gruppen der sämtlichen Ablenkungswinkel am Deklinometer benutzt<sup>3)</sup> sind, so ergibt sich jetzt

$$E = 19.22$$

und daraus wieder

$$C_{D,E} = 1.013.$$

Eine Wiederholung der Rechnung liefert innerhalb der benutzten Dezimalstellen keine genaueren Werte mehr.

1) J. LAMONT, Handbuch des Erdmagnetismus pag. 29.

2) idem pag. 45.

3) Vgl. die Skalenwerts-Bestimmungen auf S. 55.

Mit Hilfe der nun bekannten Größen  $e, E, C_{D,e}, C_{D,E}$  lassen sich jetzt schnell die übrigen Werte finden:

Entf.	$C_D$	$C_w^1)$	$K$	$\frac{1}{K}$
$e = 15.16$	1.021	1.377	0.74	1.35
$E = 19.22$	1.013	1.210	0.84	1.19

Setzt man den oben für  $\text{tg } \omega$  wiedergegebenen Ausdruck in die erste Ableitung der Gleichgewichtsformel der Wage unter Fortlassung des Temperatur-Koeffizienten

$$\frac{dV}{V} = \text{tg } \omega d\beta, ^2)$$

worin  $d\beta$  eine geringe Drehung des Magneten aus der horizontalen Ebene darstellt, so ergibt sich

$$dV = \frac{H \text{tg } \varphi_D}{\text{tg } \varphi_w \cdot K} d\beta$$

und daraus als Skalenwert der Wage:

$$\varepsilon'' = H \frac{\varepsilon \cdot n_D}{n_w} \sin 1' \frac{1}{K} = \frac{w}{K},$$

wobei also  $w$  den unreduzierten Parswert bedeutet. In der nachfolgenden Zusammenstellung sind die einzelnen Größen dieser Gleichung, wie sie sich aus den sämtlichen Ablenkungs-Beobachtungen des ganzen Jahres ergeben haben, übersichtlich geordnet.

Die nachstehende Tab. V gibt ein deutliches Bild von dem ungleichmäßigen Verhalten des Variometers, zu dessen weiterer Veranschaulichung die Resultate aus der letzten Kolumne in Fig. I der Tafel IV graphisch aufgetragen und durch die gestrichelten Linien miteinander verbunden sind (1 mm der Ordinate = 0.1  $\gamma$ ).

In der Anfangszeit ist die Empfindlichkeit ziemlich groß; bei den Versuchen, Ablenkungen aus der kleinen Entfernung anzustellen, kippte der Wagemagnet in der Regel um, so daß schließlich diese Ablenkungen während der ersten Hälfte des Jahres ganz fortgelassen wurden. Später — vom Anfang August an — wurde die kleine Entfernung mit besserem Erfolge wieder angewandt, und darauf sind bis zum Schluß der Registrierung durchweg die Messungen gleichzeitig aus beiden Entfernungen vorgenommen.

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, zeigen jedoch die beiderseitigen Resultate nur selten eine gute Übereinstimmung miteinander; vielfach kommen verhältnismäßig große Differenzen mit wechselndem Vorzeichen vor. Ein solches Ergebnis kann nicht überraschen, wenn man die unregelmäßige Anordnung der einzelnen Ausschlagspunkte selbst auf den Original-Photogrammen betrachtet. Den verschiedenen Stellungen des Ablenkungsmagneten entsprechen zumeist recht verschiedene Punktabstände, wobei die Abweichungen häufig einen nicht geringen Bruchteil der ganzen Amplitude ausmachen.

Da die Auflagerspitzen auf den ebenen Lagerflächen einige Bewegungsfreiheit besitzen, ist eine Exzentrizität des Drehpunktes nicht zu umgehen, welche eine Differenz der Ausschlagwinkel bei den entgegengesetzten Lagen der Ablenkungsschiene veranlassen muß; ebenso ist das Vorkommen von Differenzen aus der unsymmetrischen Verteilung des Magnetismus in den beiden

<sup>1)</sup> Die Länge des Wagemagneten beträgt 9.2 cm.

<sup>2)</sup> H. WILD, Annalen des physik. Observatoriums St. Petersburg 1872. pag. 20. J. LIZNAR, Anleitung zur Messung und Berechnung der Elemente des Erdmagnetismus, pag. 69 ff.

Tab. V. Skalenwerts-Bestimmungen am Vertikal-Intensitäts-Variometer  
vom 12. Februar 1902 bis 21. Februar 1903.

Lfd. Nr.	Datum	Entf.	H = 0.16...	Temp. Grade	2 $\epsilon$ . <sub>ND</sub>	2 $n$ <sub>W</sub>	w	$\epsilon''$	$\epsilon''$ <sub>m</sub>	Bemerkungen
1	1902 Febr. 12	E <sub>2</sub>	241	19.82	36.68	73.45	2.36	3.19	3.19	Messung gestört
2	" 20	E <sub>1</sub>	224	19.81	17.84	30.93	2.72	3.24	3.24	
3	" 28	E <sub>1</sub>	216	19.92	17.86	51.48	1.64	1.95	1.95	Abl. Magnet nur außen Nullpunkt verschoben
4	März 15	E <sub>1</sub>	207	19.87	17.84	26.68	3.15	3.75	3.75	
5	" 22	E <sub>1</sub>	208	19.65	17.33	34.66	2.36	2.81	2.81	
6	April 1	E <sub>1</sub>	201	20.24	17.50	37.35	2.21	2.63	2.64	
		E <sub>1</sub>	201	20.24	17.50	37.21	2.22	2.64	2.64	
7	" 14	E <sub>1</sub>	208	19.94	17.75	21.13	3.96	4.71	4.71	
8	Mai 1	E <sub>1</sub>	243	19.44	17.73	17.43	4.80	5.71	5.71	Nullpunkt verschoben
9	" 14	E <sub>1</sub>	235	19.46	17.83	32.05	2.63	3.13	3.13	
10	" 15	E <sub>1</sub>	237	19.47	17.83	34.40	2.45	2.92	2.92	
11	" 23	E <sub>1</sub>	223	19.69	17.73	21.96	3.81	4.53	4.31	
		E <sub>1</sub>	223	19.69	17.73	24.35	3.44	4.09	4.31	
12	" 31	E <sub>1</sub>	228	19.55	17.77	17.75	4.73	5.63	5.63	Nullpunkt verschoben
13	Juni 14	E <sub>1</sub>	241	19.80	17.62	15.70	5.30	6.31	6.31	
14	" 30	E <sub>1</sub>	238	19.88	17.73	17.85	4.69	5.58	5.58	
15	Juli 15	E <sub>1</sub>	249	19.39	17.56	16.90	4.91	5.84	5.84	
16	" 21	E <sub>1</sub>	245	19.05	17.73	13.20	6.35	7.56	6.82	
		E <sub>1</sub>	245	19.05	17.73	16.35	5.12	6.09	6.82	Nullpunkt verschoben
17	Aug. 4	E <sub>1</sub>	240	19.48	17.63	12.95	6.43	7.65	7.02	
		E <sub>2</sub>	240	19.52	36.11	36.10	4.73	6.39	7.02	Nullpunkt verschoben
18	" 6	E <sub>1</sub>	251	19.88	17.34	21.95	3.73	4.44	4.32	
		E <sub>2</sub>	251	19.96	36.00	54.90	3.10	4.19	4.32	Nullpunkt verschoben
19	" 14	E <sub>1</sub>	247	19.78	17.42	17.50	4.70	5.59	5.26	
		E <sub>2</sub>	247	19.79	35.95	46.40	3.66	4.94	5.26	Nullpunkt verschoben
20	Sept. 1	E <sub>1</sub> <sup>2</sup>	248	19.65	17.56	24.15	3.44	4.09	4.40	
		E <sub>2</sub> <sup>2</sup>	248	19.58	36.08	48.95	3.48	4.70	4.40	Nullpunkt verschoben
21	" 9	E <sub>1</sub>	240	19.54	17.49	23.20	3.56	4.24	4.64	
		E <sub>2</sub>	240	19.39	35.80	43.60	3.88	5.24	4.64	Nullpunkt verschoben
22	" 15	E <sub>1</sub>	240	20.39	17.49	19.80	3.81	4.53	4.66	
		E <sub>2</sub>	256	19.55	17.29	17.40	4.70	5.59	4.66	Nullpunkt verschoben
23	Okt. 1	E <sub>2</sub>	243	19.80	35.28	77.85	2.18	2.94	3.08	
		E <sub>1</sub>	243	19.84	17.39	30.50	2.69	3.20	3.08	Nullpunkt verschoben
24	" 15	E <sub>1</sub>	243	19.99	17.39	31.60	2.60	3.09	5.28	
		E <sub>2</sub>	254	19.83	17.42	18.80	4.38	5.21	5.28	Nullpunkt verschoben
25	Nov. 1	E <sub>1</sub>	246	19.80	36.11	43.10	3.96	5.35	6.27	
		E <sub>2</sub>	246	19.75	17.32	15.50	5.28	6.28	6.27	Nullpunkt verschoben
26	" 14	E <sub>1</sub>	239	19.77	35.90	36.60	4.64	6.26	4.90	
		E <sub>2</sub>	239	19.66	17.24	17.05	4.78	5.69	4.90	Nullpunkt verschoben
27	" 29	E <sub>1</sub>	239	19.65	35.85	40.70	4.16	5.62	7.27	
		E <sub>1</sub>	239	19.98	17.24	23.35	3.49	4.15	7.27	Nullpunkt verschoben
28	Dez. 16	E <sub>1</sub>	244	19.82	17.39	13.45	6.11	7.27	6.24	
		E <sub>2</sub>	245	19.66	17.36	15.60	5.26	6.26	6.24	Nullpunkt verschoben
29	" 31	E <sub>1</sub>	245	19.78	35.85	36.80	4.60	6.21	5.26	
		E <sub>1</sub>	253	19.66	17.22	19.50	4.18	4.97	5.26	Nullpunkt verschoben
30	1903 Jan. 20	E <sub>2</sub>	253	19.68	35.85	41.35	4.10	5.54	(5.20)	
		E <sub>1</sub>	256	19.72	17.32	17.00	4.92	5.85	(5.20)	1 Gruppe (Magnet außen) Nullpunkt verschoben
		E <sub>1</sub>	256	19.45	17.32	20.45	4.09	4.87	4.81	
		E <sub>2</sub>	256	19.80	35.88	57.70	3.00	4.05	7.04	Nullpunkt verschoben
31	Febr. 21	E <sub>1</sub>	241	19.84	17.36	13.15	6.24	7.43	7.04	
		E <sub>2</sub>	241	19.74	35.44	33.95	4.93	6.66	7.04	

Magneten erklärlich. Tatsächlich wird auch durch eine gewisse Symmetrie in der Gruppierung der verschiedenen Ablenkungspunkte der Einfluß dieser beiden letztgenannten Faktoren verdeutlicht, hätte aber — da ja aus den sämtlichen Winkeln stets die Mittelwerte genommen sind — für sich allein die Richtigkeit der Endergebnisse nicht wesentlich gestört. Der Hauptgrund jener beträchtlichen Abweichungen dürfte daher vor allem in einem fehlerhaften Zustand der als Schneide dienenden Spitzen oder auch der Achatlager selbst zu suchen sein. Dafür spricht der Umstand, daß die Wiederholung einer Ablenkungsbeobachtung unter Beibehaltung der gleichen Orientierung des Hilfsmagneten vielfach ungleich große Punktabstände ergibt, und daß der Nullpunkt nach einer oder mehreren Ablenkungen häufig in seine frühere Lage nicht mehr genau zurückkehrt.

In Anbetracht einer solchen geringen Zuverlässigkeit dieser Skalenwerts-Bestimmungen stellen ihre Resultate nur mehr oder weniger große Schwankungen um den wahren Wert dar. Zur Annäherung an den letzteren ist der Weg der graphischen Interpolation in der Weise eingeschlagen worden, daß die durch gerade Verbindung der berechneten Skalenwerte abgeschnittenen Ordinaten in Gruppen zu je 15 Tagen — dem durchschnittlichen Zeitintervall von zwei benachbarten Messungen entsprechend — zusammengefaßt und gemittelt sind, worauf diese Mittelwerte nach der Formel  $\frac{a + 2b + c}{4}$  ausgeglichen wurden. Das Ergebnis veranschaulicht die ausgezogene Kurve in Fig. I (Tafel IV). Sie schmiegt sich zumeist der ersten Verbindungslinie bis auf wenige Zehntel der  $\gamma$ -Einheit an, und nur an einigen Stellen, wo die letztere stärkere zackenförmige Ausbiegungen besitzt, werden die Differenzen größer.

#### d) Der Temperatur-Koeffizient der Wage.

Im Hinblick auf das in den vorigen Abschnitten geschilderte sehr ungleichmäßige Verhalten der Wage, das sich am deutlichsten in den Resultaten der Skalenwerts-Beobachtungen zeigt, erscheint es ausgeschlossen, daß eine Konstanten-Bestimmung zur Ableitung des Temperatur-Koeffizienten für ein längeres Zeitintervall gültige Werte zu liefern vermag.

Von der Ausführung besonderer Beobachtungsreihen zur Feststellung des Temperatur-Einflusses, wie sie bei dem Variometer der Horizontal-Intensität am Schluß der Registrierzeit geschehen ist, wurde daher bei der Wage ganz Abstand genommen.

Dafür werden die häufigen absoluten Messungen der Inklination, welche mit dem Rotations-Erdinduktor zweimal — an Termintagen dreimal — täglich vorgenommen worden sind, in Verbindung mit den genauer auswertbaren Simultan-Kurven der Horizontal-Intensität ein bei weitem zuverlässigeres Verfahren ermöglichen, neben den täglichen sehr beträchtlichen Standänderungen der Wage auch den Einfluß ihrer Temperatur-Schwankungen herauszufinden, wofern ein solcher bei der geringen Größe ihrer Amplituden überhaupt noch innerhalb der schon erweiterten Genauigkeitsgrenzen nachweisbar sein wird.

Ein näheres Eingehen auf diese infolge der Menge des Materials sehr weitläufigen Untersuchungen wird erst nach der Diskussion der erwähnten absoluten Messungen erfolgen.

#### e) Der Thermograph.

Wie bereits bei der Beschreibung der LLOYDSchen Wage erwähnt wurde, war in das Gehäuse dieses Variometers eine BOURDON-Röhre zur Registrierung der Temperatur eingebaut, welche auf

dem Boden mit dem einen Ende fest aufsaß, während das freie andere ohne störende Zwischenverbindung unmittelbar mit einem kleinen Spiegel verbunden war. Der letztere hatte seinen Platz neben dem Mirenspiegel nahezu parallel mit der Rückwand des Kastens.

Infolge der großen Entfernung des Magnetometers von der Registrierwalze war der Skalenwert der Thermographenkurve entsprechend gering, so daß die Temperatur sich auf derselben bis zu  $0^{\circ}.01$  ablesen ließ. Die Anordnung der Kurve zur Basislinie war dabei derart, daß die Ordinaten bei zunehmender Temperatur ebenfalls größer wurden.

Die Bestimmung des Skalenwertes der Kurve fand am 22. Februar 1903, also am Schlusse der Beobachtungszeit, statt.

Zu diesem Zwecke wurde die Temperatur im Variations-Observatorium durch geeignete Regulierung der Heizung langsam erniedrigt und dann wieder ebenfalls langsam erhöht, während zu bestimmten Zeiten das Quecksilber-Thermometer an der Wage beobachtet wurde.

Die Ablesungen des letzteren sind mit ihren zugehörigen Kurvenordinaten in der nachfolgenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt:

Skalenwerts-Bestimmung des Wage-Thermographen auf Kerguelen  
am 22. Februar 1903.

Temp.	Ordinate mm	Temp.	Ordinate mm
17 <sup>o</sup> .0	— 9.3	18 <sup>o</sup> .80	+ 13.0
17.45	6.5	19.00	16.2
17.65	2.2	19.15	19.0
18.25	+ 4.9	19.50	20.6
18.55	10.1	19.65	25.0

Unter Einführung von Näherungswerten sind die Fehlergleichungen auf die Form gebracht:

$$v = 22.2 + z - a_{t_0} + (13 + x)(t - 19.5) + \frac{y}{10}(t - 19.5)^2,$$

wo  $a_t$  den Kurvenabstand der Ordinate von der Basislinie bei einer Temperatur  $t$  bedeutet.

In der Auflösung

$$a_{t_0} = 22.5 + 0.7 + (14,0 \pm 1.5)(t - 19.5) + (0.3 \pm 0.6)(t - 19.5)^2$$

ist der Koeffizient des quadratischen Gliedes so klein, daß er für die innerhalb nur geringer Temperatur-Schwankungen erforderlichen Reduktionen der Magnetometer-Kurven unberücksichtigt bleiben kann.

Nach geeigneter Umwandlung stellt sich jetzt die endgültige Form der Umwertungs-Gleichung folgendermaßen dar:

$$T_a = 19^{\circ}.5 \pm 0.05 + (0.071 \pm 0.008)(a - 22.5).$$

Eine regelmäßige Kontrolle des Thermographen, insbesondere auf Standänderungen, fand im Verlauf der ganzen Registrierzeit während der drei Tagetermine statt.

In der ersten Hälfte des Jahres läßt sich der Stand der Kurve direkt auf die Ablesungen an dem kleinen Quecksilber-Thermometer der Wage selbst beziehen, später — vom 19. September 1902 an — wurde dieses Thermometer nicht mehr benutzt, da die elektrische Lichtbatterie zur Beleuchtung seiner Skala nicht mehr hinreichte und für jede Ablesung deshalb ein Öffnen des Asbest-Schutzkastens notwendig gewesen wäre, das aber aus Rücksicht für das an sich schon

schwierige Verhalten der LLOYDschen Wage unterblieb. Für die übrige Zeit der Registrierung bieten daher die Ablesungen am Thermometer des Horizontal-Intensitäts-Variometers entsprechenden Ersatz. Der Standunterschied zwischen den beiden Thermometern ist zu diesem Zwecke durch Vergleich der gleichzeitigen Ablesungen aus den ersten sieben Monaten festgestellt. Die Differenzen der beiderseitigen Beobachtungen an den drei Terminzeiten wurden gemittelt und dann in Monatsmitteln vereinigt, welche eine gute Übereinstimmung miteinander aufweisen und deren Gesamtmittel

$$t'' - t' = + 0^{\circ}.05$$

beträgt, so daß also die Angaben des Thermometers des Horizontal-Intensitäts-Variometers um  $0^{\circ}.05$  zu vermehren sind, um sie auf diejenige des Wage-Thermometers zu reduzieren.

Während zur Kontrolle der Thermographenkurve aus den sämtlichen Termin-Beobachtungen des Wage-Thermometers nur je eine täglich als Standard-Wert herausgegriffen ist, sind bei dem zweiten Thermometer Mittel aus allen drei Ablesungen mit den gemittelten Ordinatenlängen der Kurve in Vergleich gebracht worden.

Das Resultat dieser Vergleiche veranschaulicht die Konstruktionskurve in Figur III (Tafel IV).

Es sind in derselben die Differenzen: Kurve—Thermometer als Ordinaten für jeden einzelnen Tag aufgetragen und die Endpunkte miteinander verbunden.

Diese Differenzen, die zumeist nur wenige Zehntelgrade betragen, sind in erster Linie auf die geringe Genauigkeit zurückzuführen, mit der die Temperaturen auf den kleinen, nur in halbe Grade geteilten Thermometern ablesbar waren und finden ferner noch ihre Erklärung in einer ungleichen Trägheit, mit der die beiden Instrumente auf die Temperatur-Schwankungen reagiert haben.

Auffallend ist jedoch, daß diese Differenzen durchweg mit vereinzelt Ausnahmen das gleiche positive Vorzeichen besitzen, daß also die Angaben des Thermographen in der Regel höher sind als die des Thermometers.

Es scheint mithin der für die Normaltemperatur von  $19^{\circ}.5$  auf Grund der Eichung am letzten Tage gefundene Kurvenabstand nicht mit der Ordinatenlänge übereinzustimmen, welche sich aus der Berechnung der täglichen Vergleiche für diese Temperatur ergibt.

Die Richtigkeit der Skalenwerts-Bestimmung der Kurve wird jedoch hierdurch — was den Temperatur-Koeffizienten selbst anbetrifft — nicht in Frage gestellt, denn in diesem Falle müßten gerade bei den Temperaturen, die von den normalen stärker abweichen, auch die Differenzen der beiderseitigen Angaben entsprechend größere sein, was jedoch durch die genaue Betrachtung des Materials in keiner Weise bestätigt wird. Es bleibt also nur als wahrscheinlicher Grund für das überwiegende Auftreten der positiven Differenzen anzunehmen, welche im Mittel etwa  $0^{\circ}.2$  betragen, daß durch die ungewöhnlich große, während der Eichung vorgenommenen Temperatur-Änderung eine störende Einwirkung auf den Thermographen ausgeübt wurde, welchen entweder der Stand des Mirenspiegels oder auch die BOURDON-Röhre selbst in geringem Maße beeinflußt und dadurch eine entsprechende Standänderung hervorgerufen hat.

In diesem Falle haben aber die einseitigen kleinen Differenzen um so geringere praktische Bedeutung; denn eine genaue Feststellung der absoluten Höhe der Durchschnitts-Temperatur ist in keiner Weise notwendig, abgesehen davon, daß sie sich mit Hilfe des kleinen primitiven Instrumenten-Thermometers überhaupt nicht einwandfrei erreichen läßt.

Bei der nachträglichen Bestimmung des Temperatur-Koeffizienten am Horizontal-Intensitäts-Variometer während seiner Aufstellung in Potsdam (vgl. S. 59) hatte der Thermograph im Gegensatz zu den übrigen Instrumenten nicht dieselbe Entfernung vom Registrierapparat wie auf der Kerguelen-Station beibehalten können, es ist also für diese Zeit eine besondere Eichung erforderlich. Da die Temperatur aber im Interesse der Hauptuntersuchung größeren Schwankungen unterworfen werden mußte, so genügt es, aus der allein in Betracht kommenden Registrierzeit der letzten zehn Tage die vorhandenen Thermometer-Ablesungen auf die zugehörigen Ordinaten der Temperaturkurve zu beziehen, welche in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben sind:

Skalenwerts-Bestimmung des Wage-Thermographen  
während der Aufstellung in Potsdam, 11. bis 21. Mai 1904.

Lfd. Nr.	Thermometer Grad	Ordinate mm	Lfd. Nr.	Thermometer Grad	Ordinate mm
1	15.0	118.8	9	17.6	80.0
2	15.7	106.5	10	17.7	78.0
3	15.7	108.0	11	18.0	77.9
4	15.7	108.3	12	18.1	75.2
5	16.8	93.7	13	18.1	74.5
6	17.4	83.7	14	19.2	58.1
7	17.5	84.9	15	21.0	34.8
8	17.6	83.3	16	22.0	16.5

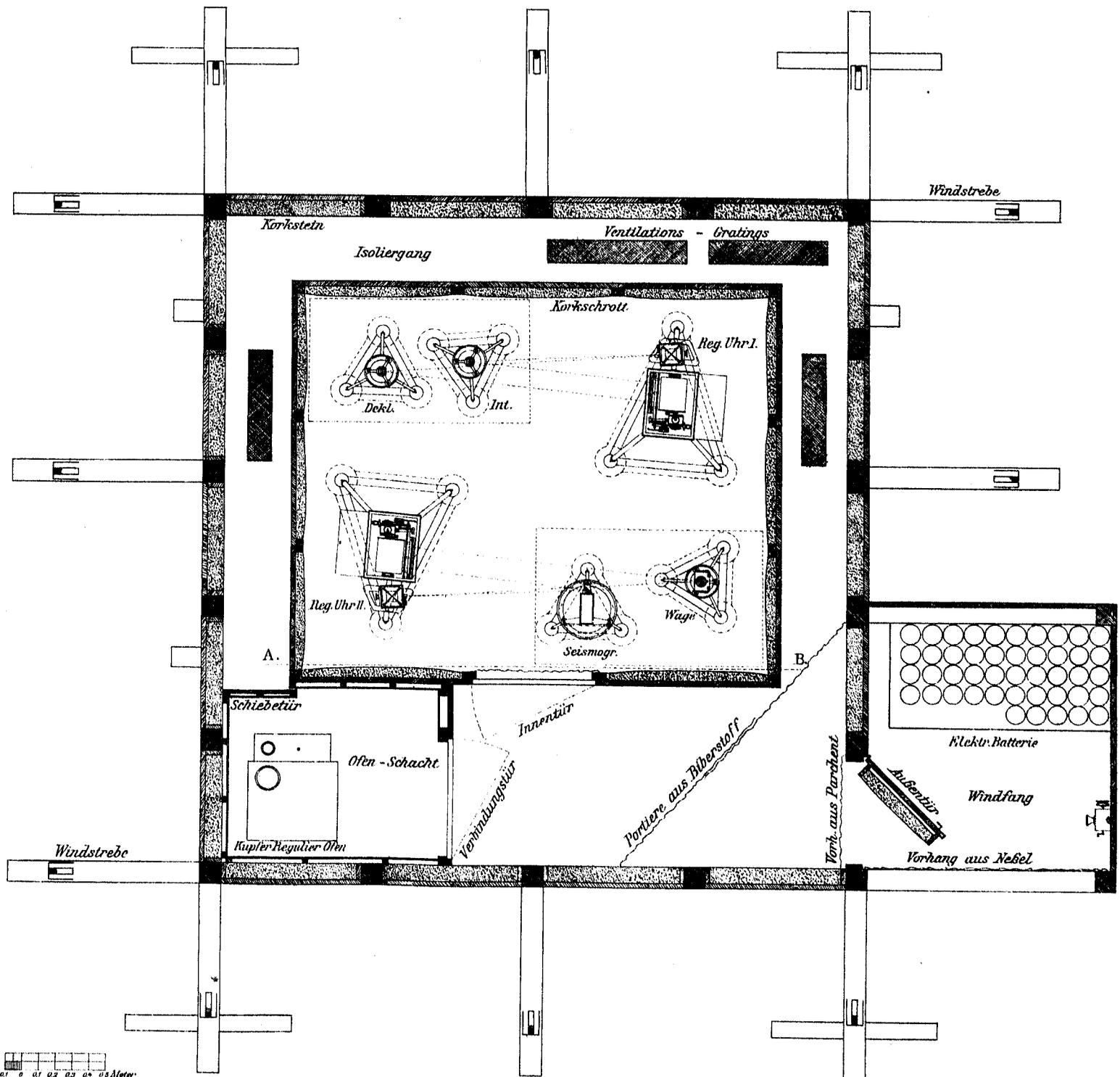
Die Ordinatenlängen nehmen also bei wachsender Temperatur ab. Wird dieselbe Form der Fehlergleichung wie früher (vgl. S. 72) angewendet, so ergibt die Auflösung:

$$a_{t_0} = 54.70 \pm 0.58 - (14.5 \pm 0.3)(t - 19.5) - (0.11 \pm 0.08)(t - 19.5)^2$$

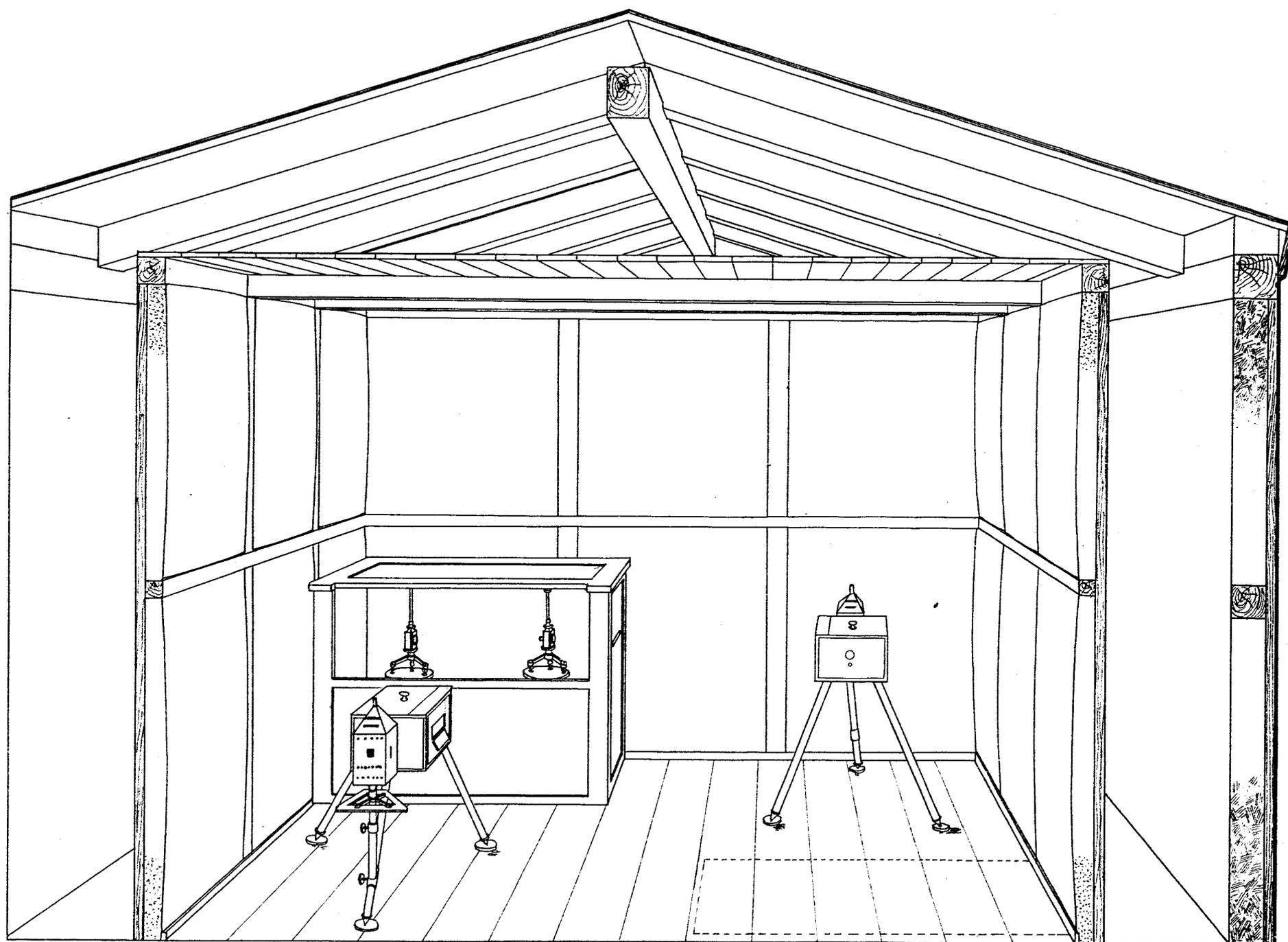
oder bei entsprechender Umwandlung unter Weglassung des quadratischen Gliedes:

$$T_a = 19.50 \pm 0.04 - (0.069 \pm 0.001)(a - 54.7).$$

Wie schon früher bemerkt wurde, ließ sich die Temperatur im Instrumentenraum des Variationshauses infolge der guten Regulierbarkeit der Heizungsanlage und der sorgfältigen Isolations-Vorkehrungen während des ganzen Beobachtungsjahres ziemlich konstant erhalten; ihre Schwankungen blieben zumeist innerhalb eines Grades und überschritten diese Amplitude nur in seltenen Fällen bei plötzlichem Witterungswechsel. Zur Veranschaulichung dieses Verhaltens sind in Fig. II auf Tafel IV die absoluten Temperatur-Extreme eines jeden Tages, welche den täglichen Registrierkurven des Wage-Thermographen entnommen wurden, als Ordinaten aufgetragen worden; ihre Verbindungslinie stellt also die größten vorkommenden Abweichungen von der Normal-Temperatur (19.5°) dar.



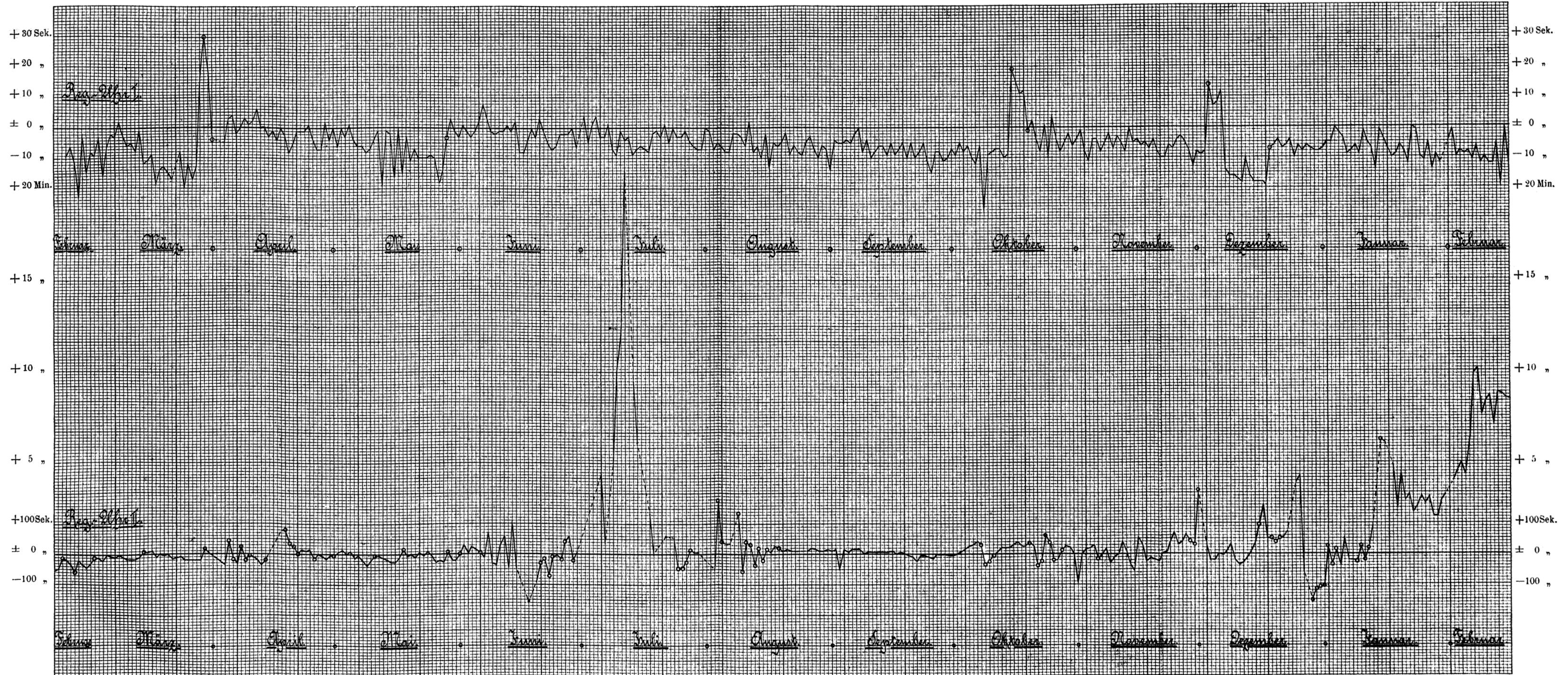
Grundriss des erdmagnetischen Variations-Hauses auf Kerguelen.



Gez. K. Mählmann.

**Innenperspektive des erdmagnetischen Variations-Hauses auf Kerguelen.**

Im Hintergrunde rechts: Registrierapparat I, links: Asbestkasten mit Horizontal-Intensitäts-Variometer (rechts) und Deklinometer (links). — Im Vordergrund links: Registrierapparat II. Rechts ist der Asbestkasten mit Seismograph und magnetischer Wage (vgl. Tafel I) der Deutlichkeit halber fortgelassen worden.



Kurven der täglichen Gangkorrekturen der Registrieruhren I und II vom 20. Februar 1902 bis 15. Februar 1903.

Die o-Zeichen bedeuten in den Kurven die Regullierungen des Uhranges und hinter den Monatsnamen das Ende der Monate.

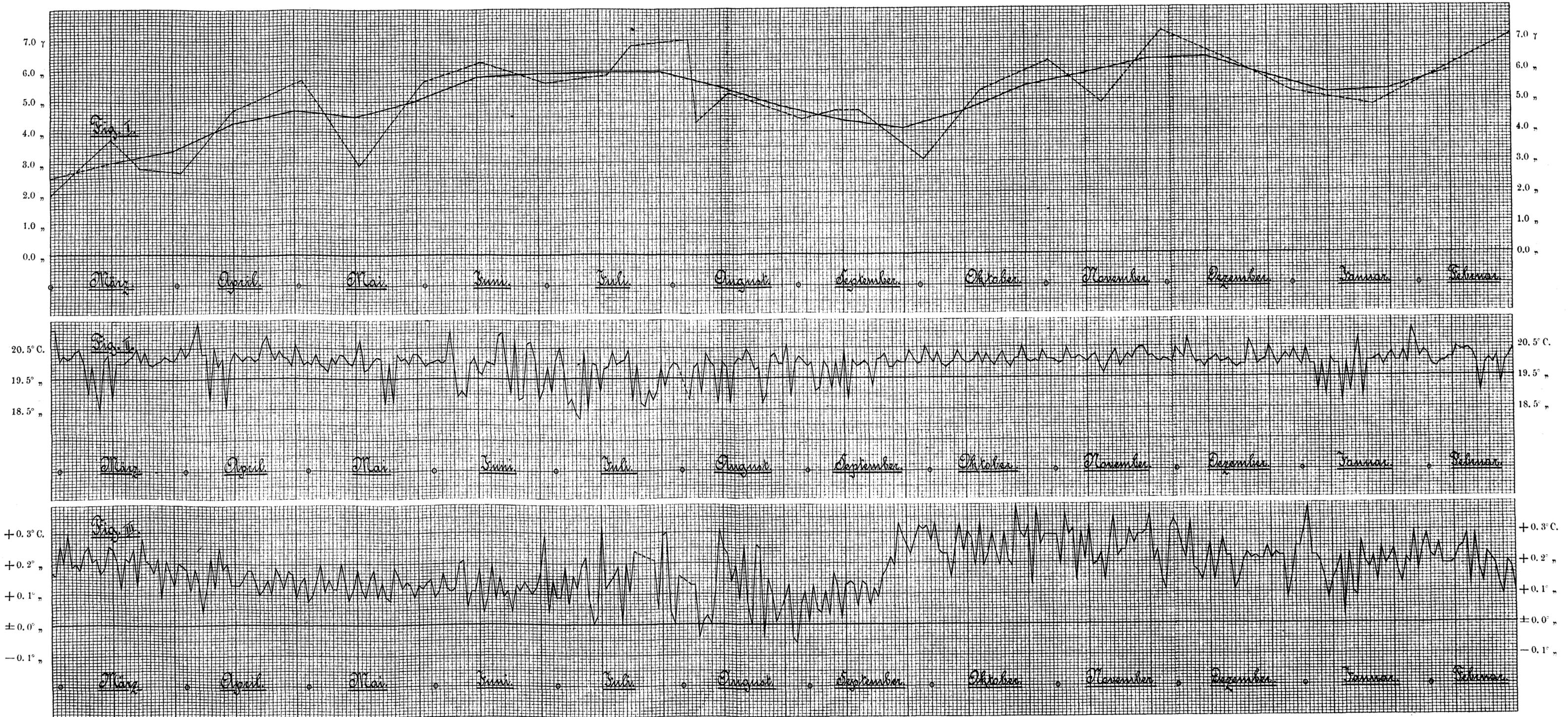
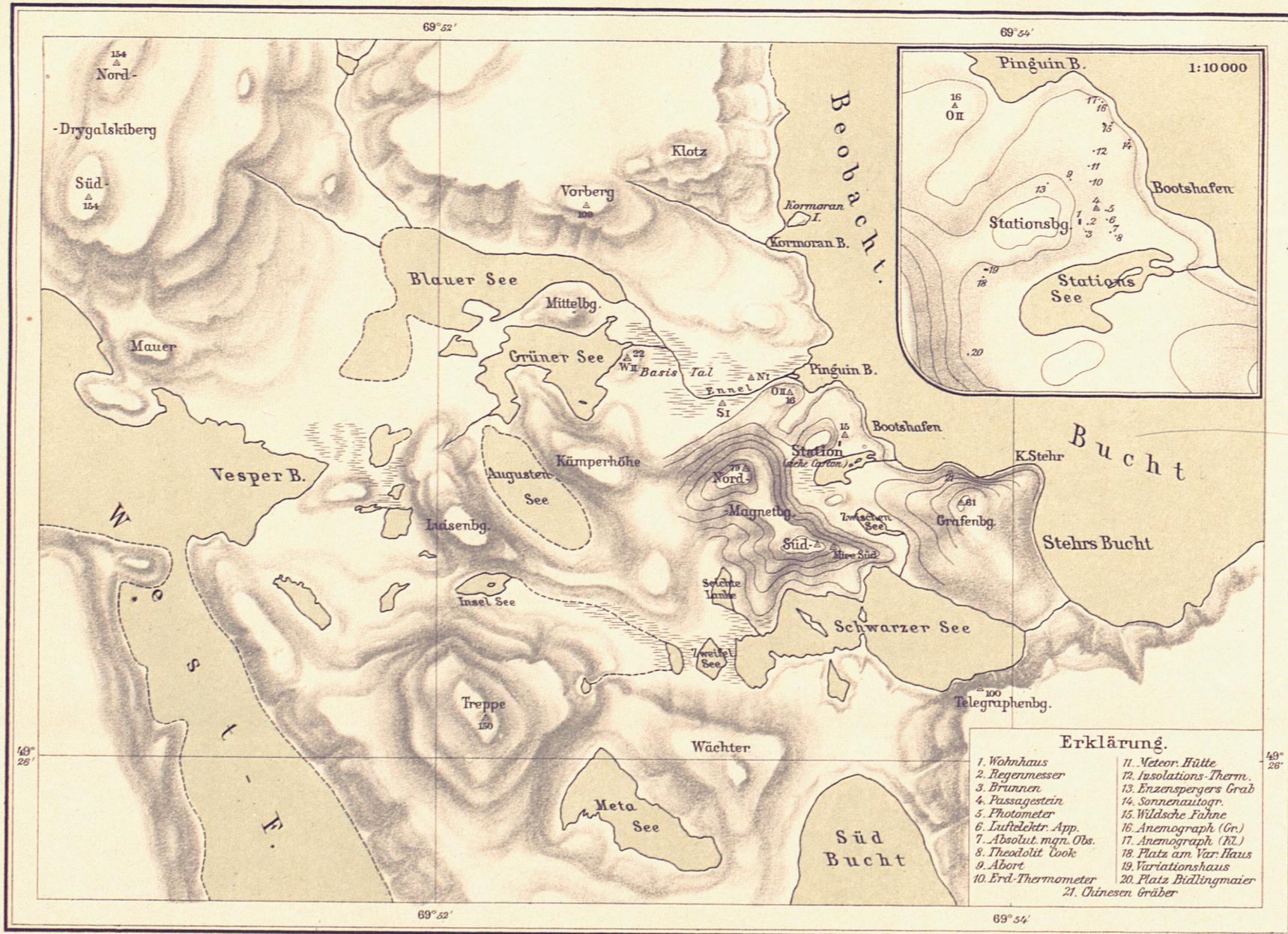


Fig. I. Tägliche Schwankungen der Skalenwerte der Wage. Fig. II. Tagesextreme des Wage-Thermographen. Fig. III. Abweichungen des Wage-Thermographen vom Wage-Thermometer.  
 März 1902 bis Februar 1903.

Die gestrichelte Kurve in Figur I verbindet die beobachteten Skalenwerte, die ausgezogene enthält die Ergebnisse der Ausgleich. Die o-Zeichen hinter den Monatsnamen bedeuten das Ende der Monate.

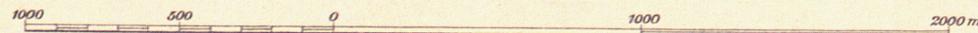
Die Umgebung der Kerguelen-Station  
 nach den Aufnahmen von Enzensperger, Luyken, Philippi und E. Werth konstruiert und gezeichnet von M. Groll.



Verlag Georg Reimer, Berlin.

Maßstab 1:25000.

Geogr. lith. Anst. u. Steindr. v. C.L. Keller, Berlin. S.



Höhenlinien soweit eingetragen von 10 zu 10 m. 15-Höhenzahlen.

Deutsche Südpolar-Expedition 1901-3.

Band VI, Tafel V.

*Observatory Bay*