

Paper-ID: VGI_190936



Die Gradmessung von Ecuador-Peru oder die neue Messung des Meridianbogens von Quito.

Wilhelm von Tinter ¹

¹ o. ö. Professor an der k. k. technischen Hochschule in Wien

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen 7 (9, 10), S. 257–273, 296–319

1909

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Tinter_VGI_190936,  
Title = {Die Gradmessung von Ecuador-Peru oder die neue Messung des  
Meridianbogens von Quito.},  
Author = {von Tinter, Wilhelm},  
Journal = {{{"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen},  
Pages = {257--273, 296--319},  
Number = {9, 10},  
Year = {1909},  
Volume = {7}  
}
```



ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN.

ORGAN

DES

VEREINES DER ÖSTERR. K. K. VERMESSUNGSBEAMTEN.

Redaktion: Prof. E. Doležal und Obergeometer Max Reinisch.

Nr. 9.

Wien, am 1. September 1909.

VII. Jahrgang.

Die Gradmessung in Ecuador-Peru

oder

Die neue Messung des Meridianbogens von Quito.

Von

Ministerialrat Dr. W. Tinter.

u. z. Professor an der k. k. Techn. Hochschule in Wien

Die im vierten Dezennium des achtzehnten Jahrhunderts unter dem Äquator in Amerika von den französischen Akademikern Bouguer, La Condamine und Godin ausgeführte Gradmessung, bekannt unter dem Namen »Gradmessung in Peru« ist für die Wissenschaft in dreifacher Beziehung von Bedeutung gewesen.

1. Hat dieselbe in Verbindung mit der von Maupertuis, Clairaut und Le Monnier zur selben Zeit in Lappland ausgeführten Gradmessung den Beweis erbracht, daß die Längen der Meridiangrade vom Äquator zum Pole hin zunehmen, und hat somit auch der von Huygens und Newton aufgestellten Theorie der Zentralkräfte, nach welcher auf eine Abplattung der Erde an den Polen geschlossen worden ist, zum Siege verholfen, und noch mehr, es hat durch diese Messung auch der Gegensatz zwischen den kinematischen Anschauungen von Descartes und den dynamischen von Newton eine Lösung zugunsten der letzteren gefunden.

2. Hat sie in Verbindung mit der in Frankreich am Ende des neunzehnten Jahrhunderts ausgeführten Gradmessung zur Feststellung der Länge des nördlichen Erdmeridianquadranten, d. i. zur Bestimmung der Länge des Meters gedient.

3. Wurde dieselbe von Bessel, als die einzige unter dem Äquator ausgeführte, bei der Berechnung der Dimensionen der Erde aus den Ergebnissen von zehn Gradmessungen benützt.

Bei dieser Sachlage ist es nicht zu wundern, wenn die Arbeiten von La Condamine und Bouguer, niedergelegt in den Werken: »La Figure de la Terre, déterminée par les Observations des Messieurs Bouguer et de la Condamine, de l'Academie des Sciences, envoyés par ordre du Roy au Perou, pour observer aux environs de l'Equateur. Avec une Relation abrégée de ce Voyage, qui contient la Description du Pays dans lequel les Opérations ont été faites.

Par M. Bouguer. Paris MDCCXLIX; und:

«Mesure de trois premiers Degrés du Meridien dans l'Hemisphère austral, tirée des Observations de Mrs. de l'Académie des Sciences, envoyés par le Roy sous l'Equateur.

Par M. de la Condamine. Paris MDCCLII»;

der wissenschaftlichen Kritik von verschiedener Seite unterzogen, zu einem Vergleiche mit den in dieser Richtung in der Neuzeit ausgeführten Arbeiten und schließlich zu dem Wunsche und zu der Forderung gedrängt wurden, die Messung des Meridianbogens unter dem Äquator zu wiederholen und womöglich zu erweitern.

Die internationale Erdmessung konnte dem Verlangen nach einer erweiterten Meridianbogenmessung unter dem Äquator nicht gleichgültig bleiben und es kam endlich im Jahre 1890 die Gradmessung von Ecuador-Peru oder kurz die Gradmessung von Ecuador zustande, welche Namensänderung in der seit jener Zeit eingetretenen neuen Staatenbildung in Südamerika ihren Grund hat.

Diese Gradmessung umfaßt das ganze Gebiet der peruanischen Gradmessung der Akademiker und erhält sowohl nach Norden als namentlich nach Süden hin eine beträchtliche Ausdehnung, und trotz dieser Ausdehnung wäre der frühere Name «Gradmessung in Peru» noch anzuwenden gewesen, wenn nicht der am Anfange des neunzehnten Jahrhunderts (Oktober 1820) von Guayaquil ausgehende Aufstand mit dem Siege über die spanischen Truppen geendet und zur Losreißung der spanischen Kolonien in Süd-Amerika vom Mutterlande geführt hätte. Der Sieg der Revolutionäre hatte zur Folge, daß der Führer dieser Bewegung, Bolivar, am 24. Mai 1822 die Republik Groß-Columbien gründete, welche aber von 1826—1830 in die drei neuen Republiken: Venezuela, Columbien und Ecuador zerfiel. Diese neue Gradmessung reicht aber von der Nord- bis zur Südgrenze von Ecuador (vormals Peru) und geht von dieser Grenze aus auf das neue Gebiet von Peru über, daher der Name «Gradmessung in Ecuador-Peru» gerechtfertigt. Die Franzosen bezeichnen diese bedeutende geodätische Operation mit dem Titel: «Nouvelle Mesure de l'Arc meridienne de Quito».

Mit der vorliegenden Arbeit habe ich den Versuch unternommen, den Weg zu zeigen, welcher schließlich zur Ausführung dieses wissenschaftlichen Unternehmens geführt hat, welches die Aufgaben waren, die zur Lösung gebracht werden sollten und inwieweit dieselben auch ausgeführt worden sind, mit Anfügungen von Resultaten, welche bislang zu erhalten möglich waren.

Die Arbeit war nach dem von Poincaré im Namen der zur wissenschaftlichen Kontrolle über die geodätischen Operationen in Ecuador eingesetzten Kommission an die Akademie der Wissenschaften erstatteten Berichte und nach jenem über denselben Gegenstand in den allgemeinen Konferenzen der internationalen Erdmessung zu Paris 1900, in Kopenhagen 1903 und in Budapest 1906 erstattet, sowie nach brieflichen Mitteilungen von Bourgeois fertig gestellt, als das treffliche Werk von Kapitän G. Perrier: «La Figure de la Terre, les grandes Operations géodésiques l'ancienne et la nouvelle Mesure de l'Arc meridienne de Quito» mir durch die Güte des Verfassers zur Verfügung gestellt wurde, wodurch ich genötigt war, die letzten Teile meiner Arbeit wesentlich umzuändern.

Verhandlungen, Beratungen und Programm der Arbeiten über die Neu- messung des Meridians von Quito.

In der Sitzung am 11. Oktober 1889 der neunten allgemeinen Konferenz der internationalen Erdmessung in Paris lenkte der Delegierte der Vereinigten Staaten von Nord-Amerika, Herr Davidson, am Ende seines Berichtes die Aufmerksamkeit der internationalen Erdmessungskommission auf den Meridianbogen von Peru. Er sagt über diesen Gegenstand folgendes:

Der Superintendent hat mich angewiesen, die Aufmerksamkeit auf die Ausführbarkeit der Wiedermessung des Peruanischen Bogens zu lenken. Da werden wohl wahrscheinlich nicht zwei Meinungen betreffend die Schwäche dieses Bogens, u. zw. mit Rücksicht auf seine Lage und auf die wenigen astronomischen Bestimmungen bestehen. Wir glauben, sagt Davidson weiter, der Bogen soll mit all den Hilfsmitteln und Kenntnissen, welche die Gegenwart bietet, gemessen werden. Frankreich werde dieser Pflicht in absehbarer Zeit nachkommen.

Er findet es begreiflich, wenn die Delegierten von Nord-Amerika bei der kommenden Zusammenkunft in Washington die Wiedermessung von dieser Basis oder die Messung von einer anderen Basis näher der Meeresküste und nicht von so hohen Bergen eingeschlossen, in besondere Erwägung ziehen werden.

Man wird hiebei die Frage über die Ausführung der Messung eines Bogens von 5° bis 6° Ausdehnung nahe dem Äquator in British-Guiana aufwerfen. Es wäre aber verfrüht, anzugeben, welches Land oder welche Länder diesen Bogen messen sollten.

Auf die von Davidson vorgebrachten Bemerkungen über diesen Gegenstand erwidert der Delegierte Faye, daß die vor einigen Jahren zwischen dem jetzigen Präsidenten der Republik Ecuador und einigen Mitgliedern der Akademie und des Längenbureaus gepflogenen Verhandlungen nächstens zum Abschlusse gelangen werden und daß Frankreich diese neue Operation, zu welcher es auf so höfliche Weise von der Coast and Geodetic Survey aufgefordert wurde, zu unternehmen instande sei.

Die so in Anregung gebrachte bedeutsame wissenschaftliche Arbeit kam aber über den Wunsch der Ausführung derselben nicht hinaus und bedurfte eine weitere Erinnerung an dieselbe, welche wieder von einem Delegierten der Vereinigten Staaten von Nord-Amerika ausging.

In der 12. allgemeinen Konferenz der internationalen Erdmessung in Stuttgart im Jahre 1898 hat in der vierten Sitzung am 7. Oktober der Delegierte der Vereinigten Staaten von Nord-Amerika, Herr Preston, den folgenden Antrag gestellt, beziehungsweise die folgende Resolution zur Beschlußfassung empfohlen: «Die internationale Erdmessung erklärt es für wünschenswert, daß der Peruanische Bogen neu gemessen werde, mit der Genauigkeit und den besten Hilfsmitteln der Neuzeit, und daß er soweit als tunlichst ausgedehnt werde».

Zur Begründung dieser Resolution hat Preston das Nachstehende vorangestellt: Ein äquatorialer Meridianbogen ist bei der Bestimmung der Erdgestalt sicher von großem Belange. Der Peruanische Bogen, welcher in den Jahren 1736 bis 1739 gemessen wurde, ist noch im Gebrauche, in Verbindung mit Arbeiten

der Gegenwart, mit denen er gar keinen Vergleich aushält, weder an Genauigkeit noch an Ausdehnung.

Seit der Ausführung jener Messung ist die Methode der kleinsten Quadrate entdeckt und in die Rechnungen eingeführt worden, die Sphäroidität der Erde hat in der praktischen Geodäsie die ausgedehnteste Berücksichtigung gefunden und Abweichungen von der Lotlinie sind ans Licht getreten. Ferner sind seit jener Zeit verbesserte Methoden der Basismessungen, bei den Triangulationen und bei der Bestimmung der geographischen Breiten angewendet worden.

Durch eine Wiederholung der Bouguer'schen Arbeit mit den Hilfsmitteln der Neuzeit dürfen wir eine Steigerung der Genauigkeit erwarten, genügend, um unsere Kenntnisse der Elliptizität der Erde wesentlich zu fördern. Die größte Verbesserung würde sich in den astronomischen Bogenlängen ergeben und ebenso in den Horizontal-Winkeln.

Indem Preston weiter auf eine unerklärliche Abweichung von zwei Bestimmungen einer Linie, auf die nicht genügend sichere Bestimmung der Temperatur der Stangen bei der Basismessung, auf die nicht immer einwandfreie Unterlage derselben, auf die infolge der nicht sicheren Bestimmung der Meereshöhe nicht genaue Reduktion der Basis auf die Meeresoberfläche noch hingewiesen hatte, kommt er eben zu dem Vorschlage, daß die internationale Erdmessung sich über die Zweckmäßigkeit einer neuen Messung des Peruanischen Bogens ausspreche.

Nach der Mitteilung der Resolution von Preston gab das Mitglied der französischen Kommission, Herr Bouquet de la Grye, einen weiteren historischen Beitrag über diese für die Erdmessung bedeutsame Angelegenheit. Vor vier Jahren, d. i. im Jahre 1894, hat S. E. Herr D. Ramon Fernandez, Gesandter in Paris und früherer Präsident der Republik Ecuador, die französische Regierung um die Absendung einer wissenschaftlichen Mission nach seinem Lande ersucht. Das zur Beratung über diesen Gegenstand aufgeforderte Längenbureau hat der französischen Regierung die Notwendigkeit der Neumessung des alten Peruanischen Bogens in klarer Weise dargelegt; die darauf folgenden diesbezüglichen Studien und Verhandlungen waren dem gewünschten Abschlusse schon nahe, als eine Änderung in der Landesregierung am Aequator eintrat, was die Verzögerung der Angelegenheit um einige Jahre im Gefolge hatte.

Herrn Preston waren die in diesem Sinne von Ecuador aus unternommenen Schritte nicht bekannt.

In derselben Sitzung der allgemeinen Konferenz wurde eine Kommission, bestehend aus den Herren: Bassot, Preston und Sagasta, demnach aus Vertretern der hier zunächst beteiligten Staaten: Frankreich, Vereinigte Staaten von Nord-Amerika und Spanien, gewählt, und zwar mit dem Wunsche, dieselbe möge Preston's Vorschläge genauere Gestalt geben und ihre Vorschläge in einer der nächsten Sitzung unterbreiten.

Schon in der sechsten Sitzung am 11. Oktober 1898 konnte Preston Bericht erstatten und die von der Kommission vereinbarten Anträge mitteilen; dieselben lauten: 1. Die internationale Erdmessung spricht den Wunsch aus, daß der Bogen von Peru von neuem mit der größten Genauigkeit und den vollkommensten,

heutzutage zu Gebote stehenden Hilfsmitteln gemessen werde und daß man diesem Bogen die möglichst große Ausdehnung gebe.

2. Die Generalkonferenz wünscht, daß sobald als möglich zu einer allgemeinen Rekognoszierung für dieses Unternehmen geschritten werde.

3. Um die Ausführung dieser Rekognoszierung zu erleichtern, beschließt die Konferenz, zu den Kosten dieses Unternehmens einen Beitrag von 16.000 Mark auf Grund des § 4 des Artikels 6 der Konvention zu gewähren.

Die Vorschläge 1 und 2 wurden von der Kommission einstimmig angenommen, hingegen fand der dritte, etwas unbestimmt gehaltene Vorschlag nicht die Billigung der Konferenz, sondern es wurde an seine Stelle der Vorschlag von Förster angenommen, welcher lautet:

«Das Präsidium der internationalen Erdmessung ist ermächtigt, die nötigen Schritte bei den betreffenden Regierungen und wissenschaftlichen Anstalten zu tun, um so bald als möglich den Beginn der Rekognoszierungsarbeiten für die Neumessung des Peruanischen Gradbogens zu erzielen».

Wenngleich nach diesem Vorschlage unter den betreffenden Regierungen hauptsächlich jene von Frankreich, Spanien und den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika verstanden werden können, so liegt mit Rücksicht auf die im vierten Dezennium des 18. Jahrhunderts von Frankreich ausgeführten prinzipiellen Messungen des Meridianbogens nicht nur von Peru, sondern auch von Lappland der Gedanke nahe, die Ehre der Neumessung des Meridianbogens von Peru wieder Frankreich zu überlassen.

Wie sehr Frankreich die Ausführung dieses wissenschaftlichen Unternehmens für sich, gleichsam als Erbe, beansprucht, ist am besten aus dem Schreiben des Unterrichtsministers George Leygues vom 12. Mai 1899 an die Herren permanenten Sekretäre der Akademie der Wissenschaften in Paris zu entnehmen, das in der Übersetzung lautet:

Meine Herren permanente Sekretäre!

In der General-Konferenz der internationalen Erdmessungs-Konferenz, gehalten im Monate Oktober 1898 in Stuttgart, hat der Delegierte der Vereinigten Staaten von Amerika, Herr Preston, aufs Neue die Frage bezüglich der Revision einer Meridianbogens, die in Peru 1736—1739*) von Bouguer, La Condamine und Godin — alle Mitglieder der Akademie der Wissenschaften — ausgeführt wurde, aufgeworfen. Die Delegierten ermangelten nicht, zu erinnern, daß die Ehre dieser Unternehmung die französischen Gelehrten als ein Erbe ihrer Vorgänger gebühre; daß unser Land nicht aufgehört hat, sich für diese wichtige Frage zu interessieren und niemals seine Absicht aufgegeben hat, im gegebenen Augenblick das Werk der Geodäten des vorigen Jahrhunderts wieder aufzunehmen.

Ohne sich über die Regierung auszusprechen, der die Sorge der Operation zufiele, hat die Konferenz den Wunsch ausgesprochen, daß die Wiederherstellung des äquatorialen Bogens mit aller Genauigkeit und den gegenwärtigen wissenschaftlichen Hilfsmitteln ausgeführt und sobald als möglich eine allgemeine Rekognoszierung des Unternehmens vorgenommen werde. Niemand hat sich über die Tragweite des Vorschlages des amerikanischen Delegierten getäuscht. Er muß zugleich als ein Eingreifen in die wissenschaftlichen Rechte, welche wir in Anspruch nehmen, und als die Neigung einer anderen

*) Eigentlich in der Zeit 1735—1744.

Nation, bereit, unseren Platz einzunehmen, wenn wir zögerten, die Aufgabe, welche wir uns vorgenommen haben zu erfüllen, aufgefaßt werden.

Die Kommission der französischen Delegierten, welche sich mit dieser Angelegenheit in der Sitzung am 10. Jänner d. J. beschäftigt hat, war einstimmig in der Ansicht, es sei statthaft, das Unternehmen einer neuen Messung des Meridianbogens von Quito der Fürsorge der Regierung zu empfehlen. Eine einfache Revision dieses Bogens würde übrigens nicht den Anforderungen der Wissenschaft entsprechen; die Kommission findet es unerlässlich, dem äquatorealen Bogen eine solche Entwicklung von 5^0 bis 6^0 zu geben, welche es gestatten würde, ihn nutzbringend mit jenen zu vergleichen, die in der alten Welt berechnet wurden, sowie der neue Meridian von Frankreich und der russisch-schwedische Polarbogen. Da eine solche Operation nicht ohne vorhergehende Rekognoszierung unternommen werden kann, hat die Kommission die Absendung einer ersten Mission vorgeschlagen, bestehend aus zwei Geodäten des geographischen Dienstes der Armee, welche alle nötigen Erkundigungen für die Vorbereitung der definitiven Campagne einzuziehen haben. Ich habe, was mein Departement betrifft, allen Vorschlägen der französisch-geodätischen Kommission beigestimmt und ich habe den Minister der auswärtigen Angelegenheiten gebeten, die Regierung der Republik Ecuador über ihre Stellung zu dem Projekte, um das es sich handelt, auszuforschen, sowie über den unseren Gelehrten vorbehaltenen Empfang.

Herr Delcassé*) hat mir soeben nach einem Telegramme des französischen Gesandten in Quito mitgeteilt, daß die Regierung von Ecuador unserem Vertreter die Versicherung gegeben hat, sie werde der französischen Mission alle wünschenswerten Erleichterungen gewähren. Herr Frandin, mit seinen Kenntnissen des Landes, fügte hinzu, wenn man über fünf vollkommen günstige Monate verfügen wolle, ist es unumgänglich notwendig, daß unsere Gelehrten gegen Ende Juni in Quito ankommen.

Dem Kriegs-Departement habe ich die vorhergehenden Verhandlungen mitgeteilt; ich bat meinen Kollegen, sobald als möglich zwei Offiziere zu bezeichnen, die mit den geodätischen Operationen betraut würden und sich bereit halten müssen, gegen den 25. des laufenden Monats abzureisen. Ich verständigte ihn zugleich, daß eine Maximalsumme aus dem Kredite für wissenschaftlichen Reisen bewilligt und diesen Offizieren zur Deckung ihrer Reisen und zur Bestreitung der Kosten ihres Aufenthaltes in Amerika zur Verfügung gestellt wurde.

Der Herr Kriegsminister hat mir für die Mission der Rekognoszierung bezeichnet: Herrn Maurain, diplom. Genie-Hauptmann und Herrn Lacombe, diplom. Artillerie-Hauptmann, beide von der Sektion der Geodäsie des geographischen Dienstes. Folgentlich habe ich durch Erlaß dieses Tages die Herren Maurain und Lacombe mit der Mission in der Republik Ecuador beauftragt, um eine allgemeine Rekognoszierung des Terrains vorzunehmen, sowie auch mit den vorhergehenden Arbeiten hinsichtlich einer neuen Messung des Meridianbogens von Quito und alle notwendigen Erkundigungen zur Vorbereitung und Organisation der definitiven Operationen einzuziehen. Durch denselben Erlaß ist ihnen eine Summe von 20.000 Francs als Schadenersatz zugeschrieben.

Herr Maurain wird Chef der Mission sein.

Die genannten Herren sind Elite-Offiziere, erprobte Geodäten, vollkommen vorbereitet für das von ihnen auszuführende Werk.

Sie werden sich am 26. Mai 1899 einschiffen.

Indem ich durch denselben Kurier den Herrn Minister der auswärtigen Angelegenheiten verständige, bitte ich ihn, die Herren Maurain und Lacombe unserem Vertreter in Quito besonders zu empfehlen, damit er ihnen in der Organisation ihrer Mission beistehe und die ihnen notwendige Hilfe und Stütze gewähre. Ich bin glücklich, meine Herren permanenten Sekretäre, Ihnen diese Informationen mitzuteilen, welche ich zur Kenntnis der Akademie der Wissenschaften zu bringen bitte. Sie scheinen mir der Art zu sein, um besonders

*) Minister für auswärtige Angelegenheiten.

Ihre Gesellschaft zu interessieren, nicht nur durch die hohe wissenschaftliche Bedeutung des Werkes, von dem die Regierung die Verwirklichung vorbereitet, sondern auch, weil es sich um die Fortsetzung desjenigen handelt, welches der Initiative der alten Akademie der Wissenschaften zu verdanken ist und im letzten Jahrhundert durch ihre Vorgänger vollendet wurde.

Wollen meine Herren permanenten Sekretäre den Ausdruck meiner größten Hochachtung entgegen nehmen.

Der Unterrichtsminister: *George Leygues*.

Durch die vom Herrn Unterrichtsminister nach den Beratungen der Kommission der französischen Delegierten getroffenen Maßnahmen war der bedeutungsvolle Anfang für das neue wissenschaftliche Werk geschaffen worden. Die Herren Maurain und Lacombe sind ihrer übertragenen Mission in fünf Monaten vollkommen gerecht geworden und mir handelte es sich um die Verwertung des durch diese Herren gewonnenen Materials, um die Fortsetzung dieses großen Werkes. Der weitere Fortgang in diesem Gegenstande ergibt sich wohl am besten durch die Wiedergabe des vom französischen Unterrichtsminister Georges Leygues am 21. Juni 1900 an die Herren permanenten Sekretäre der Akademie der Wissenschaften gerichteten Schreibens:

Meine Herren permanenten Sekretäre!*)

Mit dem Briefe vom 12. Mai 1899 hatte ich die Ehre, der Akademie der Wissenschaften mitzuteilen, daß die internationale Erdmessung (die internationale geodätische Vereinigung) in der in Stuttgart im Oktober 1898 abgehaltenen Generalkonferenz einen Wunsch ausdrückte, der auf die Ausführung einer neuen mit den Hilfsmitteln der Genauigkeit des gegenwärtigen Standes der Wissenschaft auszuführenden Messung des Meridianbogens, genannt Peru, hünzielte.

Übrigens hatte dieselbe Vereinigung bereits bei der im Jahre 1889 zurzeit der Weltausstellung in Paris abgehaltenen allgemeinen Konferenz einen solchen Wunsch geäußert. Diese Wünsche wurden durch die Initiative der Delegierten der Vereinigten Staaten hervorgerufen, welche die Absicht ihrer Regierung nicht verheimlichten, sich in dem Falle, als Frankreich das Werk der Akademiker des XVIII. Jahrhunderts nicht wieder aufnehmen wolle, mit der Operation zu befassen.

Ich habe nicht daran zu erinnern, wie seit 1889 mein Departement auf Initiative der Akademie der Wissenschaften sich mit den zu nehmenden Maßnahmen hinsichtlich einer Revision des Bogens von Peru befaßte, noch welche Schwierigkeiten und welche Umstände es endlich veranlaßten, die Verwirklichung des Projektes zu vertagen.

Der wiederholte Wunsch der internationalen geodätischen Vereinigung wies genügend klar darauf hin, daß es dringend wäre, die Frage von neuem zu prüfen. Indem ich Ihnen die Vorschläge mitteile, welche die französische geodätische Kommission mir unterbreitet hatte, zeigte ich Ihnen durch meinen vorhergenannten Brief an, daß ich dahin entschieden habe, zu einer vorhergehenden Rekognoszierung des Meridianbogens von Quito zu schreiten und daß ich nach einem Übereinkommen mit dem Kriegsminister mit der Ausführung zwei Geodäten des geographischen Dienstes der Armee betraut habe. Vor allem hielt ich in der Tat darauf, so genau als möglich zu bestimmen, unter welchen Bedingungen die Operation unternommen werden könnte. Die Herren Hauptleute Maurain und Lacombe, welche Ende Mai 1899 von Frankreich abgereist waren, sind am 31. Dezember, nachdem sie in fünf Monaten das Gebiet in einer Ausdehnung von mehr als 6^o erforscht hatten, wieder nach Paris zurückgekehrt.

*) Institut de franc. Académie des Sciences. Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, t. CXXX 130 (séance du 25 juin 1900).

Sie haben die Punkte der Triangulierung, die Orte der Basis und der astronomischen Stationen, die Linie des geometrischen Nivellements von Quito zum Meere, die in Hinsicht der Bestimmung der Schwere interessanten Stationen, und unter anderem alle auf die Dauer der Operationen bezüglichen Erkundigungen gesammelt, auch hinsichtlich der Kosten, welche sie verursachen könnten.

Der mir erstattete Bericht läßt das Programm der zu unternehmenden Arbeit aufstellen und ermöglicht die Schätzung der notwendigen Kredite, um eine Operation, die in so hohem Grade die französische Wissenschaft interessiert, zu gutem Ende zu führen. Ich habe die Ehre, Ihnen anbei mit dem ersten Entwurfe der Triangulation dieses neuen Bogens von Quito einen Auszug dieses Berichtes zu senden. Dieses Dokument enthält die Darlegung der geodätischen französischen Arbeiten, sowie sie von der geodätischen französischen Kommission vorgelegt worden sind. Nach den Berechnungen der Herren Maurain und Lacombe kann die wahrscheinliche Dauer dieser Operation auf vier Jahre geschätzt werden. Die notwendigen Kredite würden aus dem öffentlichen Fonde bezogen.

Immerhin muß man überlegen, daß die Ausgabe stark reduziert werden könnte, wenn es, ohne der Wissenschaft Abbruch zu tun, möglich wäre, den jetzt für 6^0 vorgesehenen Bogen auf $4\cdot5^0$, von der Basis von Columbien bis zur Basis von Tarqui zu reduzieren, man würde so den schwierigsten Teil der Arbeiten weglassen.

Ich erachte, daß ich nicht genug getan habe, indem ich die Akademie der Wissenschaften im Laufenden über die heute ausgeführten vorbereitenden Arbeiten und der Projekte, die sich daraus entwickeln, hielt. Ich könnte nicht vergessen, daß das zu verwirklichende Werk die Fortsetzung desjenigen ist, welches die Mitglieder der alten Akademie im letzten Jahrhundert vollbrachten. Ich könnte weiterhin die 1889 ergriffene Initiative der Akademie der Wissenschaften nicht vergessen.

Die gegenwärtige Mitteilung hat nicht so sehr den Zweck, Sie von den Erkundigungen in Betreff eines Unternehmens zu unterrichten, das nicht verfehlen kann, Sie zu interessieren.

Indem ich die neue Operation unter den hohen wissenschaftlichen Schutz Ihrer Gesellschaft stelle, bitte ich Sie um Ihre erleuchtete Mitwirkung.

Ich wäre der Akademie der Wissenschaften besonders dankbar, wenn sie das mir vorgelegte wissenschaftliche Programm prüfen, es besprechen und mir die Bemerkungen hierüber mitteilen wollte. Ich bitte Sie unter anderem, mich Ihre Meinung über die Frage der Amplitude des zu messenden Bogens wissen zu lassen und mir zu sagen, ob die Messung eines Bogens von $4\cdot5^0$ den Anforderungen der Wissenschaft genügend entsprechen würde.

Genehmigen Sie den Ausdruck meiner besonderen Hochachtung

Der Unterrichtsminister: *Georges Leygues.*

Durch dieses Schreiben des Unterrichtsministers an die Akademie der Wissenschaften wurde das durchzuführende wissenschaftliche Werk in jene richtigen Bahnen geleitet, welche einen zufriedenstellenden Erfolg mit Zuversicht erwarten lassen.

Die Akademie der Wissenschaften hat der Einladung des Unterrichtsministers vom 21. Juni 1900, ihre Meinung über das Projekt der Revision des Meridianbogens von Quito abzugeben, das vorgeschlagene wissenschaftliche Programm zu prüfen und ihm ihre Beobachtungen mitzuteilen, selbstredend Folge gegeben und wählte zur Erledigung dieser Frage eine eigene Kommission, bestehend aus den Vertretern der Sektionen für Geometrie, Astronomie, Geographie und Schifffahrt, und zwar die Mitglieder des Bureaus, die Herren: Faye (gestorben), ersetzt durch Bouquet de la Grye, Hatt, Bassot, Loevy (gestorben 1907) und Poincaré; letzterer wurde als Berichterstatter gewählt.

Das Ergebnis des Studiums der Einzelheiten des Projektes wurde in einem von M. H. Poincaré verfaßten Berichte in der Sitzung vom 23. Juli 1900 vorgetragen. *)

Dieser Bericht gibt eigentlich erst die Einsicht in das Programm der zu lösenden Aufgaben und muß deshalb näher gewürdigt, bezüglich teilweise unverändert wiedergegeben werden.

In dem einleitenden Teile des Berichtes wird an das uns schon bekannte Historische der Frage erinnert und darauf hingewiesen, daß Frankreich durch die Gradmessungen in Peru, in Lappland, im eigenen Lande hauptsächlich in den Epochen 1739 und 1790 die Geodäsie gleichsam zu einer ausschließlich französischen Wissenschaft gemacht hat, daß aber Frankreich durch die in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts nach den von Gauß, Bessel, Airy und Clarke verbesserten Methoden ausgeführten zahlreichen Messungen im Auslande diesem gegenüber den ersten Rang verlor und nach der Ansicht der französischen Kommission durch die Arbeiten des Generals Perrier, d. i. der Verbindung der Dreiecke von Spanien und Algier, der neuen Revision des Meridians von Frankreich, welcher sich einerseits der englischen, andererseits den spanischen Messungen anfügte, dadurch ein Netz von Norden Shetlands bis zur Sahara geschaffen worden ist, wieder zurückgegeben wurde.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Geodäten nunmehr über eine große Anzahl von neuen Messungen zur Bestimmung der Abplattung verfügen, als deren hauptsächlichsten die folgenden angegeben werden:

1. Der englisch-französische Meridianbogen von 28°, von Laghonat (32° *N*) bis Shetland (60° *N*).

2. Der russische Meridianbogen, umfassend 25°, von der Donau (45° *N*) bis zum nördlichen Eismeer (70° *N*).

3. Der indische Meridianbogen, umfassend 24° zwischen den Breiten 8° und 32° *N*.

4. Der amerikanische Meridianbogen des atlantischen Ozeans ungefähr zwischen den Breiten 32° und 45° *N*.

5. Der amerikanische Meridianbogen des stillen Ozeans, ungefähr zwischen den Breiten 30° und 40°.

Ferner mehrere Messungen von Parallelbogen, deren wesentlichste sind:

6. Der europäische Parallelbogen von Valentia bis Omsk in 52° geographischer Breite.

7. Der amerikanische Parallelbogen zwischen den beiden Ozeanen in 38° geographischer Breite.

8. Der ostindische Parallelbogen in 24° geographischer Breite.

Hieran wird die richtige Bemerkung geknüpft, daß alle diese Bogen sich in mittleren Breiten befinden, daß wir auf der südlichen Halbkugel in der Kapkolonie nur einen Bogen von 5° haben, daß man aber unter den äquatorialen

*) Rapport sur la projet de l'arc méridien de Quito; par M. H. Poincaré. Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, t. CXXXI (séance du 23 juillet 1900).

und polaren Breiten in dem letzten Jahrhunderte fast nichts hinzugefügt hat, daß demnach hier eine unendlich bedauerliche Lücke besteht, umso mehr, als die alten für ihre Zeit sehr bemerkenswerten Bestimmungen mit den neuesten Arbeiten nicht verglichen werden können. Diese Lage mußte auf die internationale Erdmessungs-Gesellschaft tiefen Eindruck machen und wohl allen mit der Ermittlung der Erdgestalt Vertrauten war die Arbeit, die Bestimmungen von Lacondamine und Maupertuis zu verifizieren und zu korrigieren, zur unabweisbaren Notwendigkeit geworden.

Im Norden ist eine russisch-schwedische Expedition nach Spitzbergen gegangen, um durch die Bestimmung eines Bogens von 4—5° die frühere Messung von Maupertuis zu ersetzen.*)

Die Revision des Meridianbogens von Peru beschäftigte, wie schon früher erörtert worden ist, wiederholt die Vereinigung der internationalen Erdmessung und dieses wird in dem Berichte der Kommission an die Akademie der Wissenschaften neuerdings in Erinnerung gebracht.

Da der Antrag von Preston im Jahre 1898 der internationalen Erdmessungskonferenz zur Entscheidung dieser Frage vorlag, erkannte die französische Regierung, daß eine rasche Lösung wünschenswert sei, weil sonst zu befürchten war, daß, wenn Frankreich zögerte, seine Rechte geltend zu machen, entweder die amerikanische Geodetic Survey oder die internationale Erdmessungs-Kommission diese Messung vornehmen werde.

Da die politischen Verhältnisse in Quito im Jahre 1898 sich wieder günstig gestaltet hatten und General Alfaro zur Präsidentschaft von Ecuador berufen worden war, konnte man sicher sein, bei ihm eine Stütze ohne Vorbehalt zu finden.

Auch war zu wünschen, daß die Messungen in der Zeit vor dem Erlöschen der Vollmachten des Präsidenten Alfaro, welcher an der Lösung ganz besonderes Interesse zeigte, zu beendigen, mit anderen Worten, die äußerst günstigen politischen Verhältnisse auszunützen.

Wie die beiden Briefe des Unterrichtsministers vom 12. Mai 1899 und 2. Juni 1900 bezeugen, hat die französische Regierung in sicherer Erkenntnis der ganzen Sachlage in dieser Frage die Schritte unternommen, welche ein gedeihliches Ende voraussehen ließen. Die von ihr angeordnete Rekognoszierung des für die Messung bestimmten aber vielfach noch unbekanntem Terrains durch die Kapitäne Maurain und Lacombe und die hierfür bestimmte Summe von 20.000 Fr. bilden den Anfang. Am 26. Mai 1900 reisten die genannten Kapitäne, die Pioniere der Wissenschaft, von Bordeaux ab und trafen am 13. Juli in Quito ein, wo sie sich vonseite des Präsidenten der Republik und allen Mitgliedern der Regierung eines außerordentlich guten Empfanges zu erfreuen hatten und die Zusicherung erhielten, mit allen zu Gebote stehenden Mitteln bei ihrer Aufgabe unterstützt

*) Diese Gradmessung reicht von Mt. Keilhan (+76° 38 Br.) bis zur Insel Littletable (+80° 48'); sie wurde 1898 begonnen und 1902 beendet. Von Seite Rußlands bestand die Mission aus den Herren: Backlund, Tschernyschew, Stellingue, Sergniewsky u a., von Seite Schwedens aus den Herren: Jäderin, de Geer, Angstrom, Rubin, Larsen, Frenckel, Zeipel und Knorrning. D. V.

zu werden. Die beiden Offiziere rückten in 30 Tagen bis zum Cerro de Pasto auf Columbisches Gebiet vor, bestimmten die Punkte für zehn neue geodätische Stationen, für eine astronomische Station und das Terrain für eine Basis. Sie untersuchten dann die Gegend im Süden von Quito, bestimmten die Punkte für 15 neue geodätische Stationen und das Terrain für zwei weitere Basen, von denen die südlichere bereits auf peruanischem Gebiete liegt. Die Dreieckspunkte der alten Messung blieben fast alle aufrecht erhalten. *) Die Umgebung jeder Station, sowie der Grundlinien, wurde topographisch aufgenommen und das im Horizonte sich bietende Bild festgelegt und verlässliche Beschreibungen gemacht.

Durch die Rekognoszierung wird der alte Meridianbogen im Norden um 1^o und im Süden um 2^o verlängert werden.

Die Rekognoszierungs-Kommission schiffte sich am 25. November in Guayaquil zur Rückkehr nach Frankreich ein und landete am 31. Dezember in Paris an. Die mit dieser Rekognoszierung verbundenen Auslagen erreichten die Höhe von 35.000 Francs, die französische Regierung hatte hierfür nur 20.000 Francs bewilligt; die fehlenden 15.000 Francs wurden von der Regierung von Ecuador getragen.

Der von den Mitgliedern der Rekognoszierungs-Kommission an den Unterrichtsminister erstattete Bericht hat denselben von der Möglichkeit dieser großen wissenschaftlichen Arbeit überzeugt und ihn veranlaßt, die Akademie der Wissenschaften um ihre Meinung zu befragen.

Poincaré hebt in seinem Berichte zunächst hervor, daß die ganze Gelehrtenwelt, die Akademie der Wissenschaften selbst, das Längenbureau, die französische geodätische Kommission, die internationale Erdmessungs-Kommission sich zuwiderholtenmalen für diese Messung ausgesprochen habe, daß aber für Frankreich neben dem «wissenschaftlichen Interesse» auch das «nationale Interesse» in Frage kommt; es kann die Stellung nicht aufgeben, auf der die Anstrengungen der Väter sozusagen das intellektuelle Banner Frankreichs wehen ließen. Der höflichen Einladung kann nicht mit der Erklärung des Unvermögens geantwortet werden. Frankreich sei noch so lebhaft und auch noch reicher als vor 150 Jahren. Sind diese Gründe einleuchtend für alle Franzosen, so berühren sie ganz besonders die Mitglieder der Akademie der Wissenschaften, welche die Erben der alten Akademie der Wissenschaften sind, die das Werk 1735 vollendet hat und diese für Alle ruhmvollen Erinnerungen müssen es ganz besonders für die jetzigen Mitglieder sein.

Der Unterrichtsminister hat mit seinem Briefe an die Akademie deutlich zu erkennen gegeben, daß er die Rechte derselben für diese Arbeit erkenne, indem

*) Herr Bourgeois, der Leiter der Arbeiten in Ecuador, hatte die Güte, auf meine an ihn gerichtete Anfrage bezüglich der Identität von den neuen Dreieckspunkten mit jenen der alten Triangulierung der Akademiker, mir mitzuteilen, daß 18 der neuen Stationen auf den Gipfeln oder den Bergrücken sind, wo die Akademiker die Stationen gewählt hatten; von weiteren drei Punkten ist es aber zweifelhaft, daß die Mission in Ecuador keinerlei Spur der Arbeiten der Akademiker und der spanischen Gehilfen gefunden hat. Siehe auch den Abschnitt über die Winkelmessung in dem zweiten Teile über die Ausführung der Gradmessungsarbeiten.

er dieselbe unter den hohen wissenschaftlichen Schutz der Akademie stelle. Dieser Schutz soll aber nicht bloß nominell sein, sondern er bedeute die tatsächliche Kontrolle über diese Arbeiten. Nun wurde auch die Frage aufgeworfen, ob die Akademie dem im Jahre 1889 von einigen Personen gemachten Vorschlage, die Akademie möge gänzlich das Erbe von Bouguer und Lacondamine antreten und eines ihrer Mitglieder zur Leitung der Arbeiten nach Ecuador senden, zustimmen solle oder nicht. Die Kommission glaubt, diesem Vorschlage die Zustimmung versagen zu müssen, und zwar mit Hinweis darauf, daß sich die Umstände seit jener Zeit vollkommen geändert haben, daß damals alles neu zu schaffen war, während jetzt für derartige Operationen alles gut organisiert ist.

Für derartige wissenschaftliche Arbeiten genügen nicht bloß hohe wissenschaftliche Eignung, technische Geschicklichkeit, skrupulöse Regelmäßigkeit, sondern man muß auch verstehen, Entbehrungen jeglicher Art und den ungünstigen Einfluß des Klimas zu ertragen, man muß verstehen, Menschen zu leiten, den Gehorsam seiner Mitarbeiter zu verlangen und ihn dem halbzivilisierten Diener beizubringen.

Alle diese intellektuellen, moralischen und physischen Eigenschaften finden sich bei den Offizieren des geographischen Dienstes der Armee vereinigt, wenn auch zugestanden wird, daß man sie auch bei anders konstruierten Korps oder selbst bei einfachen Männern der Wissenschaft ebenso finden könne. Beweis hiefür sind die Akademiker des 18. Jahrhunderts, welche unter noch größeren Schwierigkeiten als heute die Arbeit ausführten.

Von den Ersparnissen, welche durch militärisches Personal zu erzielen sind, abgesehen, ist aber noch zu bemerken, daß die zu unternehmende Operation ja nicht vereinzelt ist, sondern nur ein Teil des großen ganzen ist, daß dieses gleichförmig bleiben muß, damit dessen Elemente vergleichbar sind; mit einem Worte, die neue Arbeit soll durch dasselbe Korps, nach denselben Methoden und mit denselben Instrumenten, wie der große Meridianbogen von Frankreich, ausgeführt werden.

Die Akademie soll hiebei die Rolle der wissenschaftlichen Kontrolle haben, die Beobachtungs- und Berechnungshefte müßten ihr vorgelegt und es müßte eine besondere Kommission ernannt werden, die mit der Prüfung derselben betraut wird.

Nun wird in die Besprechung der einzelnen Punkte des Programms eingegangen, welche im allgemeinen wiedergegeben werden soll.

Zum besseren Verständnis der nunmehr folgenden Erörterungen verweise ich auf die Tafel I, welche dem nächsten Hefte beigegeben wird.

Die Grundlinien.

Es werden drei Grundlinien, jede von ungefähr 8500 *m*, in Vorschlag gebracht; die Hauptbasis wird bei Riobambo, nahe in der Mitte des Bogens in einer südlichen Breite von 1°50' und einer Höhe von nahe 2500 *m* liegen. Die beiden anderen Grundlinien, die Verifikationsbasen, sind an den zwei Enden des Bogens angeordnet, und zwar die nördliche bei Cumbal in Columbien, die süd-

liche zwischen Quiroz und Sullana in Peru. Die Messung der Grundlinien soll mit demselben Basisapparate ausgeführt werden, mit welchem die Grundlinien im Meridiane von Frankreich gemessen wurden. (Apparat von Brüner, bimetalischer Meßstab).

Der Bericht geht dann zur Besprechung der Maßstäbe aus der Legierung Nickel-Stahl über und weist darauf hin, daß die Eigenschaften dieser Legierung noch wenig bekannt sind und daß es immerhin möglich ist, daß solche Meßstäbe aus Nickel-Stahl bei Basismessungen gute Dienste leisten werden. Dem Vorschlage, nach dem Äquator außer dem bimetalischen Basismessapparate von Brüner auch jenen, wo der bimetalische Meßstab durch einen solchen einer Legierung von Nickel-Stahl ersetzt worden ist, mitzunehmen, um für jede Basis vergleichende Messungen zu machen, wurde nicht zugestimmt; diese Versuche sind allerdings notwendig, sollen aber nicht auf die Messung des Bogens von Quito aufgepfropft, sondern in Frankreich unabhängig mit Widmung der nötigen Zeit ausgeführt werden.*)

Messung der Winkel.

Die Configuration des Gebietes von Ecuador, auf dem gearbeitet werden muß, schuf den Plan der Triangulation. Dieses Gebiet zerfällt in fünf Serien verschiedener Höhenzonen. Vom stillen Ozean angefangen sind dieselben: 1. eine niedere Ebene mit einer Höhe von 300—400 *m*; 2. die Kette der westlichen Cordilleren; 3. die Hochebene von Quito; 4. die Kette der östlichen Cordilleren; 5. die Ebene der oberen Nebenflüsse des Amazonenstromes mit mittleren Höhen von nahe 500 *m*. Die beiden Ketten der Cordilleren erreichen im allgemeinen eine Höhe von 4000—4500 *m*, welche aber von einzelnen Pies, die meist vulkanischen Ursprungs sind, noch überragt werden.

Die mittlere Höhe der Hochebene zwischen den beiden Cordilleren ist 2500 *m*. Beide Ketten und das Plateau fallen jedoch im südlichen Teile merklich ab. Da die beiden Ketten sich im Süden dem Meere nähern und die Küste daselbst eine tiefe Einbuchtung aufweist, den Golf von Guayaquil, so wird dadurch die Möglichkeit geboten, die Triangulierung bis an das Meer auszudehnen. Der Abfall der Cordilleren in die betreffenden Ebenen ist ziemlich steil und der Übergang dadurch unvermittelt. Das Plateau zwischen den beiden Cordilleren hat eine durchschnittliche Breite von 50 *km*.

Nach dieser allgemeinen Kennzeichnung des Terrains wird der Plan für die Dreiecksbildung sofort erklärlich. Man wird zwei Serien von Dreieckspunkten wählen, von denen die einen auf den westlichen Cordilleren, sei es auf Gipfeln, sei es auf den Abhängen der Berge, die anderen auf den östlichen Cordilleren liegen.

Die Höhe der Dreieckspunkte erreicht oft 4000 *m*, während die Dreiecksseiten zwischen 30—40 *km* liegen. Da die Dreieckskette im allgemeinen den

*) Seit dieser Zeit haben sich wohl die Kenntnisse über das Verhalten des Invar, sei es in der Anwendung zu Meßstählen, sei es in der Anwendung zu Meßdrähten, wesentlich erweitert und auch geklärt, wengleich ein endgiltig abschließendes Urteil in Sicherheit noch nicht gefällt werden kann; die Messungen der drei Grundlinien sind teils mit dem Maßstabe aus Invar, teils mit Invardrähten ausgeführt worden. Siehe Ausführung der Gradmessungsarbeiten. Abschnitt: Basismessungen.

Cordilleren folgt, diese Richtung aber nicht mit der Meridianrichtung zusammenfällt, so ist auch die Richtung der Dreieckskette gegen den Meridian geneigt, und zwar gegen 3° . Der allgemeinen Triangulation kann man einen Punkt am Ufer des Meeres hinzufügen.

Die Ausführung der Winkelmessung ist eigentlich nach dieser Configuration des Terrains von selbst gegeben: Die Offiziere der Mission für Winkelmessung teilen sich in zwei Brigaden, deren eine auf der westlichen Bergkette von Station zu Station vorrückt, während die zweite Brigade dasselbe auf der östlichen Bergkette ausführt, dabei aber darauf Bedacht nehmend, daß die beiden Stationen, auf denen gearbeitet wird, immer gegenseitig sichtbar sind. Weil zum Sichtbarmachen der Dreieckspunkte zumeist Heliotrope verwendet werden müssen, muß jede Brigade von zwei Posten, bestehend aus in der optischen Telegraphie geübten Unteroffizieren und französischen Soldaten begleitet sein.

Astronomische Beobachtungen.

Länge, Breite und Azimut sollen sorgfältigst in drei Stationen bestimmt werden; die erste in Quito, 1.5° im Norden von der Hauptbasis, die beiden anderen in kleiner Entfernung von den beiden Endbasen. Da Quito ein mit guten Instrumenten ausgerüstetes Observatorium besitzt, so wurde, um wahrscheinlich den einheitlichen Charakter dieses Unternehmens zu wahren, der äquatorialen Regierung von der französischen Regierung für einen Zeitraum von fünf Jahren der Astronom des Observatoriums von Lyon, M. Gonnessiat, als Direktor dieses Observatoriums empfohlen, welche glückliche Kombination durch die Munifizenz zweier anonymer Spender ermöglicht wurde. Während die Offiziere an den Endstationen arbeiten, beobachtet Gonnessiat gleichzeitig in Quito.

Die Längenbestimmung kann, da der Telegraph Quito mit Guayaquil und mit einem der astronomischen Nordstation nahe gelegenen Punkte schon verbindet und nach Süden bis zur Ausführung der Arbeit verbinden wird, mit Hilfe des elektrischen Telegraphen ausgeführt werden. Guayaquil ist durch submarine Kabel mit dem allgemeinen telegraphischen Netze verbunden, wodurch die Längendifferenz dieses Punktes gegen Nord-Amerika bestimmt werden kann.

Neben den drei astronomischen Hauptstationen werden noch sechs sekundäre astronomische Stationen eingelegt werden, auf denen nur Breiten- und Azimutmessungen mit dem zukommenden Genauigkeitsgrade ausgeführt werden.

Nivellements.

Wegen der Reduktion der gemessenen Grundlinien auf den Meereshorizont ist es wichtig, ihre Meereshöhen zu kennen. Die Höhe der Zentralbasis wird durch ein von Guayaquil ausgehendes, längs der Trasse der künftig von hier aus nach Quito gehenden Eisenbahn geführtes geometrisches Präzisions-Nivellement bestimmt werden.

Die mittlere Meereshöhe wird mittelst eines Medimaremeter, aufgestellt in dem am stillen Ozean gelegenen, 70 km von Guayaquil entfernten Orte Playas ermittelt werden. Die Aufstellung erfolgte in diesem Punkte und nicht in Guayaquil,

weil letzterer Ort sich in einer langen engen Bucht befindet, daher zu befürchten war, daß die in der Bucht bestimmte mittlere Meereshöhe von jener des offenen Meeres abweichen könnte. Vom Medimaremeter bis auf eine Entfernung von 170 *km* landeinwärts, erhebt sich das Terrain langsam bis 345 *m*; von hier bis zur Stelle, wo die Nivellierungslinie mit der Dreieckskette zusammentrifft, was einer Entfernung von 35 *km* entspricht, steigt die Höhe rasch von 345 *m* bis 2470 *m*; von hier bis zur Basis bleibt die Höhe ziemlich gleichmäßig. Die Ermittlung der Meereshöhen für die beiden Endbasen geschieht durch die von der Hauptbasis ausgehenden trigonometrischen Höhenbestimmungen nach der Nord- und nach der Südbasis, und zwar durch Messung von gegenseitigen und gleichzeitigen Zenitdistanzen und wenn gleichzeitige Messungen nicht möglich sein sollten, so doch durch gegenseitige.

Pendel-Beobachtungen.

Die Schweremessungen betrachtet man schon allgemein als einen ergänzenden Teil der geodätischen Arbeiten. In diesem Gebiete der vorzunehmenden Messungen ist aber die Bestimmung der Schwere von ganz besonderer Bedeutung.

Die Region für die Arbeit ist eine der höchsten auf der Erde und das beträchtliche Relief der Anden läßt erwarten, daß hier Unregelmäßigkeiten der Schwere und lokale Erhebungen des Geoids auftreten werden. Diese Erhebungen im Vereine mit den lokalen Lotabweichungen an den Enden des Bogens würde das Resultat beträchtlich beeinflussen.

Diese Erwägungen würden selbst ein ernster Einwand für die Wahl dieses Meridians sein, wenn man eben nicht in den Pendelbeobachtungen das Mittel für das Bestehen dieser Unregelmäßigkeiten hätte, wodurch es möglich wird, die hervorragenden Fehler zu schätzen, die Beobachtungsergebnisse zu korrigieren. Nach dem Projekte sind 7 bis 8 Schweremessungen gedacht, und zwar in einem Schritte von der Küste bei Guayaquil ausgehend, dann gegen den Fuß des Chimborazo, die Hochebene von Quito weiter führend und am Fuße des Massivs Cotopaxi-Antisana endigend.

Der Verlauf der Schwere wird sich in dieser Schnittebene sicher erkennen lassen.

Die Kommission bezeichnet es aber in ganz gerechtfertigter Weise für wünschenswert, die Stationen der Schweremessungen zu vermehren, und zwar längs der ganzen Kette von der Nord- bis zur Süd-Basis, eventuell auch in der im Osten von den Anden gelegenen, wenig bewohnten und noch nicht hinreichend untersuchten Ebene und am Aufstellungsorte des Medimaremeters. Es sind hier nur relative Schweremessungen mit dem Pendel von Defforges in Aussicht genommen.

Magnetische Beobachtungen

Wenngleich die magnetischen Beobachtungen mit den geodätischen Arbeiten in keiner direkten Verbindung stehen, so hat man doch vorgesehen, daß die drei magnetischen Elemente: Deklination, Inklination und horizontale Componente auf neun Stationen ermittelt werden sollen.

Geologische und topographische Arbeiten.

Um die Ablenkung der Lotlinie, verursacht durch die sichtbaren Massivs, bestimmen zu können, muß eine möglichst genaue topographische Aufnahme dieser Massivs zur Ermittlung ihres Volums und eine summarische geologische Studie der Gesteine, welche sie bilden, zur Ermittlung der Dichte vorgenommen werden.

Die Ausführung dieser Arbeiten wird den für diese Zwecke besonders herangebildeten Offizieren anvertraut werden.

Prüfung des Voranschlages.

Die akademische Kommission, wenngleich die Prüfung des Voranschlages nicht in ihre Kompetenz gehörig betrachtend, glaubt doch aussprechen zu sollen, daß derselbe mit großer Sorgfalt aufgestellt ist und nicht verringert werden sollte, umso mehr, als die Teilnahme der Regierung von Ecuador trotz ihres guten Willens stark begrenzt sein wird.

Die Hauptmission der auf die Dauer von vier Jahren berechneten Arbeit wird im Februar oder März 1901 abreisen; um aber bei ihrem Eintreffen in Ecuador mit den zeitraubenden, vorbereitenden Arbeiten nicht aufgehalten zu sein, reisen zu diesem Zwecke zwei Offiziere schon im September 1900 ab.

Ausdehnung des Bogens.

In dem Schreiben des Ministers vom 21. Juni 1900 heißt es: «Immerhin muß man überlegen, daß die Ausgabe stark reduziert werden könnte, wenn es, ohne der Wissenschaft Abbruch zu tun, möglich wäre, den jetzt für 6^o vorgesehenen Bogen auf 4·5^o, von der Basis von Columbien bis zur Basis von Tarqui zu reduzieren; man würde so den schwierigsten Teil der Arbeit weglassen . . . Dann weiter: Ich bitte die Akademie unter anderem, mich ihre Meinung über die Frage der Amplitude des zu messenden Bogens wissen zu lassen und mir zu sagen, ob die Messung eines Bogens von 4·5^o den Anforderungen der Wissenschaft genügend entsprechen würde».

Der Vorschlag der französischen geodätischen Kommission ging dahin, den im XVIII. Jahrhunderte gemessenen, sich von der Station Mira 0^o 35' *N* bis zur Basis von Tarqui, 3^o 10' *S* erreichenden, also 3^o 45' umfassenden Meridianbogen, im Norden bis Cerro de Pasto 1^o 12' *N* und gegen Süden bis 4^o 55' d. i. im Norden um 0^o 37', im Süden um 1^o 45', im ganzen um 2^o 22' zu verlängern, was in Verbindung mit dem alten 3^o 45' umfassenden Meridianbogen eine Gesamtlänge des neu zu messenden Bogens von nahe 6^o 7' geben würde.

Nach der Anregung des Ministers soll die Verlängerung nach Süden, d. i. 1^o 45' weggelassen werden, wodurch eine Länge von 4^o 22' also nahe 4·5^o gegeben wäre.

In dem Berichte wird zuerst bemerkt, daß der zu messende Bogen ja hauptsächlich bestimmt ist, mit den Bogen von großer Amplitude verglichen zu werden und daß die neue Bestimmung ein vergleichbares Gewicht hätte. Es ist nun klar, daß das Gewicht mit der Ausdehnung des Bogens zunimmt; denn die Haupt-

ursache des Fehlers in der Bestimmung der Länge des Meridiangrades ist die Ungewißheit der Endbreiten infolge der Lotstörungen, welche letztere, in gleicher Größe für längere und kürzere Bogen gedacht, mit dem daraus hervorgehenden relativen Fehler im umgekehrten Sinne mit der Länge des Bogens stehen wird; es würde sonach bei der Verminderung der Bogenlänge von 6^0 auf 4.5^0 der wissenschaftliche Wert um $\frac{1}{4}$ reduziert werden.

Die Kommission geht dann auf eine Berechnung der Ersparnisse ein, welche sich aus der Reduktion der Länge des Meridianbogens von 6^0 auf 4.5^0 ergeben würden und stellt dieselben mit 35.000 Francs fest, ein Betrag, welcher wohl für die Lösung dieser großen wissenschaftlichen Arbeit nicht mehr in Frage gestellt werden sollte.

Es ist daher die einheitliche Meinung der Kommission, den Meridianbogen auf 6^0 zu verlängern.

Die Kommission kommt am Schlusse des Berichtes nach dem Antrage des Berichterstatters zu folgenden Vorschlägen:

1. Eine günstige Meinung über das Projekt der Revision des Meridians von Quito in Umlauf zu bringen.

2. An den Minister sich dringend wenden, daß der gemessene Bogen 6^0 und nicht 4.5^0 habe.

3. Den Wunsch ausdrücken, daß die Operation dem geographischen Dienste der Armee anvertraut werde unter dem hohen Protektorate und unter der wissenschaftlichen Kontrolle der Akademie der Wissenschaften.

5. Eine permanente Kommission zu ernennen, die beauftragt ist, den Operationen der Mission zu folgen und sie zu kontrollieren.

6. In seinen allgemeinen Zügen das vorausgehende Projekt zu approbieren, mit der Reserve, den in diesem Berichte enthaltenen Bemerkungen Rechnung zu tragen, namentlich was die Vermehrung der Pendelstationen betrifft.

«Nach einer Besprechung im geheimen Komitee werden die Beschlüsse des Komitees von der Akademie angenommen».

(Fortsetzung folgt.)

Eichung von Längenmessern.

Der Vorstand des Vereines der behördlich autorisierten Zivilgeometer hat laut Nr. 8 seiner Zeitschrift, auf Grund der Mitteilung eines Vereinsmitgliedes, daß er vom zuständigen k. k. Eichamte zur Eichung seiner Meßbänder verhalten worden ist, vom k. k. Eichinspektorat zu Prag grundsätzliche Aufklärung darüber erbeten.

Die Antwort lautet, daß nach Anschauung dieser Behörde auf Grund des Gesetzes vom 23. Juli 1871, R.-G.-Bl. 16 ex 1872, auch die Meßbänder der behördlich autorisierten Zivilgeometer geeicht, bezw. nachgeeicht sein müssen. Darauf hat der Vorstand des Zivilgeometervereines beschlossen, zwecks Aufklärung, bezw. Regelung dieses Gegenstandes eine Eingabe an das k. k. Ministerium für öffentliche Arbeiten einzureichen.

4. «Überblick über die Tachymeter und die Tachymetrie» in der Monographie: „Die Wagner-Fennel'schen Tachymeter des math.-mechan. Institutes von Otto Fennel in Kassel“, Kassel 1886.

5. «Les Tachéomètres Wagner-Fennel», tradnik par J. Lička à Kassel, Paris 1887.

6. «Theodolit und Meßtisch» in der „Zeitung für Landwirtschaft“, Fachorgan für agrarische Operationen, Handel und Verkehr, Jahrgang 1892.

7. «Tabelle zur Prüfung der Berechnung der Polygonzüge», verfaßt im Triangulierungs- und Kalkul-Bureau des Finanzministeriums Wien 1893 in „Zeitschrift für Vermessungswesen“ Jahrgang 1895.

8. «Geheimrat Prof. Nagel», ein Nachruf in der „Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen“.

Auch gründliche Rezensionen mehrerer geodätischer Werke stammen aus der Feder Lička's und geben Zeugnis ab von seinen ausgedehnten und gründlichen geodätischen Kenntnissen, von seiner großen Belesenheit und Literaturkenntnis und nicht zuletzt von dem scharfen und treffenden Urteile.

Die Gradmessung in Ecuador-Peru

oder

Die neue Messung des Meridianbogens von Quito.

Von

Ministerialrat **Dr. W. Tinter,**

o. ö. Professor an der k. k. Techn. Hochschule in Wien.

(Fortsetzung und Schluß.)

Ausführung der Gradmessungsarbeiten.

Siehe Tafel I.*)

Der von Herrn Poincaré erstattete Bericht über die von der französischen geodätischen Kommission in Bezug auf die in Ecuador vorgeschlagenen Gradmessungsarbeiten lassen nicht nur den Umfang, sondern auch die Einzelheiten der wissenschaften Arbeiten erkennen. Es liegt jedoch in der Art der Einleitung der Arbeiten und in den bei diesen auftretenden nicht vorhergesehenen Umständen sehr nahe, daß das anfänglich aufgestellte Programm über die Arbeiten nicht strenge aufrecht erhalten werden konnte und manche dem Unternehmer teils günstige, aber auch teilweise ungünstige Abänderungen erfahren mußte.

*) Auf der Tafel I sind die Dreieckspunkte in ihrer Verbindung zu den Dreiecken und mit den drei Grundlinien in ihrer Lage zu den Landesgrenzen Columbien, Ecuador, Peru und gegen den stillen Ozean dargestellt. Der dunkel gehaltene Teil gibt die Fläche an, welche von den Akademikern im achtzehnten Jahrhunderte bei der Triangulierung mit Dreiecken überspannt war.

Diese Tafel ist nach der dem über die Gradmessung in Ecuador bei der im Jahre 1906 abgehaltenen XV. allgemeinen Konferenz der internationalen Erdmessung von Poincaré erstatteten Berichte beigegebenen Karte und nach den in dem Werke von G. Perrier: La Figure de la Terre, Paris 1909, enthaltenen Tafeln IV und XII gezeichnet worden.

Wie schon bekannt, wurde die Ausführung dieser für die Wissenschaft so bedeutsamen Arbeit den Offizieren des geographischen Dienstes der Armee übertragen.

Die Mission zählte anfänglich zu ihren Mitgliedern die folgenden Herren:

Kommandant Bourgeois, die Kapitäne Maurain, Lallemand, Lacombe und Leutnant Perrier, den Medizin-Hilfs-Major Rivet; hierzu kamen noch mehrere Unteroffiziere und die entsprechende Anzahl Soldaten.

Wie leicht erklärlich, fanden im Laufe der Operationen Veränderungen in der Zusammensetzung dieser Mission statt, u. z. bedingt durch Gesundheits- und Dienstesverhältnisse, durch den Tod etc.

Im Nachstehenden sollen die sämtlichen Mitarbeiter an diesem wissenschaftlichen Werke genannt werden.

Das französische Personal, welches teils vom Anfange bis zum Ende an den Arbeiten, teils nur in kürzeren Zeiträumen teilgenommen hat, setzte sich zusammen aus 11 Offizieren, 29 Unteroffizieren und der entsprechenden Mannschaftszahl. Die Offiziere sind: Bourgeois, Kommandant der Artillerie, jetzt Leutnant-Kolonel, Chef der Mission; de Fonlongue, Kommandant der Genietruppe, jetzt Leutnant-Kolonel; Lacombe, jetzt Kommandant der Artillerie; Maurain, Kapitän der Genietruppe, jetzt Kommandant; Massenet, Kapitän der Artillerie; Lallemand, Kapitän der Artillerie, jetzt Kommandant; Peyronel, Kapitän der Artillerie, jetzt Kommandant; Durand, Kapitän der Artillerie; Noirel, Kapitän der Artillerie; Perrier, Leutnant der Artillerie, jetzt Kapitän; Rivet, Hilfs-Major der Medizin, jetzt Major der Medizin; Michel und Lallemand, Adjutanten.

Von den genannten Offizieren war Maurain vom Februar 1902 bis 1904, Massenet vom Februar bis Oktober 1905, Peyronel vom Mai 1904 bis Februar 1905 und vom Oktober 1905 bis Jänner 1906 interimistisch mit der Leitung der Mission betraut.

Von Ecuador waren 8 Offiziere als Adjunkten bei der Mission tätig: Vivero, Leutnant-Kolonel, bei der Rekognoszierung 1899 und dann von Mai 1901 bis März 1902; Spinosi, Kommandant bei der Rekognoszierung 1889; Salas, Leutnant, jetzt Kapitän, von Mai bis Oktober 1901; Arellano, Leutnant, jetzt Kapitän, von Mai 1901 bis Juli 1902; Giacometti, Unterleutnant, dann Leutnant und Kapitän, von Mai 1901 bis Juni 1906; Gomez de la Torre, Unterleutnant, dann Leutnant, von Oktober 1901 bis Juni 1902; Iglesias, Kommandant, von März 1902 bis Mai 1904; Naveda, Kapitän, dann Kommandant, von März 1902 bis April 1905 und September bis November 1905; Murillo, Kapitän, dann Kommandant, von Jänner 1904 bis April 1905.

Von Peru waren vier Offiziere als Adjunkten von Mai 1905 bis Juni 1906 bei der Mission tätig: Kapitän Villavicencio, Kapitän Zapater, Leutnant Recavarren, und Schiffsleutnant Carbajal.

Von den französischen Offizieren starb am 1. Oktober 1905 zur Zeit der Längenbestimmung zwischen Machala und Cuenca an letzterem Orte der Kommandant Massenet. Sein Hingang hat nicht nur in der Armee, sondern auch in der Gelehrtenwelt einmütige Trauer hervorgerufen.

Von den Soldaten starben: 1902 Roussel in Tulcan; 1903 Pressé bei Riobamba.

Die Avant-Garde der oben genannten Mission, bestehend aus den Herren Maurin und Lallemand, verließ Ende 1900 Frankreich, um schon in den ersten Monaten 1901 die zum Convois, zur Rekognoszierung der Region von Riobamba, dem Orte der fundamentalen Basis, die nötigen Vorbereitungen zu treffen.

Das Gros der Mission, geführt vom Kommandanten Bourgeois, schiffte sich am 1. Juni 1901 in Guayaquil mit dem mitgenommenen Materiale aus; zur weiteren Beförderung ins Land wurden 40 Indianer und 120 Maulesel benötigt.

Der bimetallische Meßstab des Brünner'schen Basismeißapparates mußte von Menschen getragen werden und langte am 13. Juni, der Rest des Materiales am 22. Juni (1901) in Riobamba ein.

Die Mission fand hierbei die Unterstützung von sechs einheimischen Offizieren, welche auch zur Herstellung guter Beziehungen mit den lokalen Behörden und den Einwohneru wesentlich beitrugen.

Wahl der Dreieckspunkte.

Die Wahl der Stationen bezüglich der Dreieckspunkte für eine Triangulierung gehört infolge der mehrfachen an dieselben gestellten Bedingungen selbst unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht zu den leichten Aufgaben; umsomehr war dieses bei der Gradmessung in Ecuador-Peru in jenen Gebieten der Fall, welche nördlich und südlich von dem Gebiete der alten peruanischen Gradmessung liegen, wo tatsächlich vielen Schwierigkeiten begegnet werden mußte; in dem Zentralgebiete zwischen Quito und Cuenca war die Entwicklung des Dreiecknetzes durch die Arbeiten der Akademiker schon vorgezeichnet; denn von den 35 Punkten (Basispunkte eingerechnet) ihrer Triangulierung konnten 18 derselben in das Dreiecksnetz der neuen Triangulierung aufgenommen werden. (Siehe Seite 267.)

Zwischen Quito und Cuenca lassen die Kämme der beiden Cordilleren einen zwischen 30 bis 50 *km* begrenzten Raum; demgemäß sind hier die Dreieckseiten klein und variieren zwischen 10 bis 40 *km*.

Nördlich von Quito und südlich von Cuenca gehen die Cordilleren auseinander und verflachen sich gegen Payta; dadurch war es möglich, die Dreieckspunkte in größeren Entfernungen, also größere Dreiecke zu wählen; die Längen der Dreiecksseiten bei der neuen Triangulierung schwanken zwischen 9900 *m* (Cahuito, Chimborazo) und 85000 *m* (Chillacochoa, Colamba).}

Es wäre allerdings möglich gewesen, auch das zentrale Gebiet mit größeren Dreiecken zu überziehen, also die Zahl der Stationen zu vermindern; man ging davon ab, weil es sehr wahrscheinlich war, daß die bei den Beobachtungen der langen Dreiecksseiten nötige Zeit, jene, welche durch die Verminderung der Stationen gewonnen worden wäre, nicht nur aufgewogen, sondern noch verlängert hätte. Die definitive Wahl der Dreieckspunkte hat im Norden zwischen Machala und Tulcan 6 Monate (Februar bis Juli 1902), im Süden zwischen Cuenca und Payta 11 Monate (Juni bis November 1904 für die nördliche, Mai bis September 1905 für die südliche Sektion auf peruanischem Gebiete) erfordert.

Die Form der Dreiecke muß im ganzen als günstig, der Uebergang von den kleinen zu den großen Dreiecken als entsprechend bezeichnet werden.

Die Signale.

Zur Sichtbarmachung der Dreieckspunkte wurden teils Pyramidensignale, teils Heliotrope nach Bertram verwendet.

Die Absicht, bei dieser Triangulierung lediglich Heliotrope als Signale zu verwenden, konnte wegen der ungünstigen klimatischen Verhältnisse in den Cordilleren, wo die Wolkenbildungen in häufiger Aufeinanderfolge die Sonne bedeckten, das Heliotroplicht selten sichtbar war, die nötige Anzahl der Beobachtungen eine ungebührlich lange Zeit beansprucht hätte, nicht ausgeführt werden; tatsächlich wurden Heliotrope nur ausnahmsweise verwendet. Es wurden demgemäß die Aufstellung von Pyramiden über den Dreieckspunkten durchgeführt, Pyramiden, deren Dimensionen der Entfernung entsprechend gewählt und auch in ihrem oberen Teile durch Anbringen von in Kreuzform am Visierbalken befestigten Brettern zur besseren Sichtbarmachung verstärkt worden sind. Auf einzelnen Stationen sind beide Arten Signale zur Anwendung gekommen.

Das gleichzeitige und gegenseitige Beobachten zwischen den auf den östlichen und westlichen Cordilleren gelegenen Punkten konnte, von zwei Fällen abgesehen, nicht zur Ausführung gelangen. Siehe trigonometrische Höhenbestimmung.

Man hatte auch die nötigen Apparate für die Nachtbeobachtungen mitgebracht, allein die Anwendung derselben hätte ein noch beträchtlicheres Personal als bei dem Gebrauche der Heliotrope erfordert, welches sich aber schon bei letzterem als nicht hinreichend erwiesen hatte und auch nicht leicht vermehrt werden konnte.

Die Zerstörung der Signale. Die mit vieler Mühe errichteten Signale wurden von den Eingebornen, hauptsächlich von Indianern, aber auch von Mestizzen nicht selten zerstört, u. zw. teils aus Aberglauben, teils aus Mißtrauen. Sie erblickten in den Signalen eine Schlechtigkeit oder eine Grenzbezeichnung zur Richtigstellung der Gebiete betreffend die Einführung neuer Steuern. In dem Glauben, das Signal zeige unterirdisch gelegene Schätze an, hoben sie, um selbe zu finden, an deren Stelle große Gruben aus; sie steckten auch die Pyramiden in Brand, oder sie nahmen die Bretter, die Pfähle, die Ziegel und den mit dem Fixpunkte bezeichneten Kupferzylinder.

Ob nun die Zerstörung vor Beginn der Beobachtungen oder während derselben ausgeführt wurde, immer zog dieses äußerst unangenehme Folgen nach sich; es mußten die zerstörten Signale wieder hergestellt, die Beobachtungen auf einer oder auf mehreren Stationen wiederholt oder auch verloren gegangene Punkte wieder aufgefunden werden, was große Verluste an Zeit und Geld mit sich führte.

Es wurden nicht weniger als sechzehn Signale zerstört, davon zwei mehrmals. Erst im Jahre 1904 wurde durch entsprechende Maßnahmen der Regierung und die Belehrung des Volkes durch den Klerus der Zerstörung der Signale Einhalt getan.

Die Messung der Grundlinien.

a) Messung der Hauptbasis bei Riobamba.

Die erste bedeutende Operation sollte die Messung der Hauptbasis bei Riobamba sein, für welche von Maurain zwei geeignete Stellen ausfindig gemacht worden waren, die eine in Feldern, die andere längs eines Weges; Bourgeois entschied sich für die erste Stelle, welche unter anderem einen leichteren und besseren Anschluß mit den Dreieckspunkten ermöglichte. Der nördliche Endpunkt dieser Basis hat 2900 *m*, der südliche Endpunkt 2750 *m* Meereshöhe. Die Basis wurde durch einen Zwischenpunkt in zwei ungleiche Teile geteilt, u. zw. betrug der östliche Teil nahezu ein Drittel der ganzen Basislänge.

Die Messung der Gesamtlänge der Basis erfolgte mit dem Brünner'schen Basismessapparate mit bimetallischem Maßstabe nur einmal. Zeit der Messung vom 30. Juli bis 4. September 1901.

Die endgiltigen Resultate der einmaligen Messung der beiden Teile der Basis sind*):

Östlicher Teil	3359·9677885 <i>m</i>
Westlicher Teil	6020·8016795 <i>m</i>
Gesamtlänge	<u>9380·7694680 <i>m</i></u>

Der östliche Teil der Basis wurde ein zweites Mal gemessen und hiefür erhalten: 3359·9611645 *m*.

Der Unterschied in den Werten der beiden Messungsergebnisse des östlichen Teiles der Basis ist 6·624 *mm*, d. i. nahe $\frac{1}{507000}$ der Länge.

Die durchschnittliche Tagesleitung betrug 80 Stangenlagen.

Mit Rücksicht auf die bei der Messung eingetretenen Schwierigkeiten, namentlich das durch die große Feuchtigkeit der Luft hervorgerufene Schlawenwerden der Fäden in den Mikroskoptheodoliten und die dadurch bedingte Erneuerung derselben, die durch den Nordostwind in der Zeit von 11—1 Uhr Mittag aufgewirbelten Staubmassen, welche die Instrumente verunreinigten und das Beobachten besonders erschwerten, endlich der jähe Temperaturwechsel, welcher die Gleichheit der Temperatur in beiden Stäben des bimetallischen Maßstabes nicht genau verbürgen läßt, muß das erhaltene Resultat als ganz befriedigend bezeichnet werden. Diese für die Messung der Grundlinie mit dem Brünner'schen Apparate äußerst ungünstigen Umstände waren für den Entschluß maßgebend, auf die zweite vollständige Messung der Grundlinie, d. i. bezüglich auf die zweite Messung des westlichen Teiles derselben, zu verzichten, umsomehr, als ja das Ergebnis der zweifachen Messung des östlichen Teiles der Basis zur Ableitung der Länge des wesentlichen Teiles und der Gesamtlänge derselben durch Triangulation dienen sollte. Man hatte zu dem Zwecke noch eine Hilfsstation in Huaira-Urcu eingeschaltet; aber unglücklicherweise wurde nach der Basismessung, während der Winkelbeobachtungen, das Signal des Zwischenpunktes, beziehentlich derselbe selbst von den Eingeborenen vollständig zerstört; das Zentrum konnte nicht mehr genau hergestellt werden, und somit sind auch die aus der Triangu-

*) Nach gütiger Mitteilung von Bourgeois.

lation abgeleiteten Werte des westlichen Teiles und der Gesamtlänge als nicht sicher zu betrachten und können keinen richtigen Maßstab zur Beurteilung der Genauigkeit abgeben.

(Die Unterschiede zwischen Messung und Rechnung betragen 0.5—11 *cm.*)

Mit der Ausführung des Entschlusses, die Basis von Riobamba auch mit zwei Jäderin'schen Drähten zu messen, hat man unter Berücksichtigung aller hierbei notwendigen Vorsichten, das Mittel gewonnen, ein mehr sicheres Urteil über die Genauigkeit der Basismessung sich bilden zu können.

Die beiden Messungsdrähte haben die Bezeichnung A_2 und B_1 ; ersterer ist aus Invar, letzterer aus Messing.

Zur Vergleichung der Drähte mit dem bimetalischen Maßstabe, bezüglich der Ableitung der Gleichungen der beiden Drähte, wurde in dem Garten des Don Pedro Ligarzaburo, einem Nachkommen des Don Pedro Maldonado, dem Reisebegleiter von La Condamine, zwei Pfeiler in einer Entfernung von 24 *m* aufgestellt und auf denselben je ein Fixpunkt bezeichnet. Die Entfernung dieser beiden Fixpunkte, die Vergleichsbasis, wurde mit der Meßstange des Brünner'schen Apparates dreimal, und dann mit dem Jäderin'schen Draht 30mal unter verschiedenen Verhältnissen gemessen. Nach der Messung der Basis mit den Drähten erfolgte eine neuerliche Vergleichung derselben mit der Vergleichsbasis.

Die Werte der Länge für die Basis sind:

mit dem Drahte A_2 (Invar) . . .	9380.766 27 <i>m</i>
" " " B_1 (Messing) . . .	9380.798 51 <i>m</i>
Mittel . . .	9380.782 39 <i>m</i>

Ob dieses Ergebnis der Drahtmessung als definitiv angenommen worden ist, kann wegen Mangel der Angabe hierüber nicht dargetan werden. Der Unterschied des Wertes der Länge der Basis aus der Drahtmessung und jenem der Stangenmessung beträgt 0.01292 *m* oder nahe $\frac{1}{72000}$ der Länge.

b) Nördliche Verifikationsbasis.

Basis von Sct. Gabriel.

Die nördliche Verifikationsbasis war nach dem ersten Programm bei Cumbal, im Gebiete von Columbien, angenommen worden. Die damaligen politischen Verhältnisse in diesem Lande ließen es rätlich erscheinen, von der Verlängerung des Meridianbogens auf kolumbisches Gebiet abzusehen, was einer Verkürzung des Bogens um 15' gleichkommt und die nördlichste Verifikationsbasis an die nördliche Grenze von Ecuador in die Nähe von Tulcan zu verlegen; sie führt den Namen: Base d'El Viaculo oder auch Base de San Gabriel. Da hier im Norden die beiden Cordilleren so nahe aneinander kommen, daß von einem dazwischen liegenden Plateau nicht mehr gesprochen werden kann, so konnte man überhaupt schwer ein geeignetes Terrain für die Basis finden, welches die Anwendung des Brünner'schen Apparates gestattet hätte; der Transport des Apparates wäre infolge des schlechten Zustandes der Wege kaum möglich und mit zu großen Kosten verbunden gewesen. Man entschloß sich daher, diese Basis lediglich mit den Jäderin'schen Drähten zu messen, was in der Zeit vom 19. bis 31. Dezember

1901 und vom 2. bis 5. Jänner 1902 geschah. Die Basis hätte programmäßig dreimal gemessen werden sollen, mußte aber infolge eingetretener Unsicherheiten ein viertersmal gemessen werden; im Laufe der zweiten Messung wurde am Drahte A_2 eine Formveränderung konstatiert, wodurch die vor der Messung gemachten Vergleichen den ganzen Wert verloren hatten, dazu kam noch, daß der nördliche Endpunkt der Basis, durch den Kreuzungspunkt von zwei auf der oberen Fläche eines in einem Stein mit Zement befestigten Kupferzylinders gezogenen Linien bezeichnet, «vor dem Ende» der dritten Messung von den Eingeborenen, sei es aus Neugierde, sei es aus Bosheit, zerstört worden ist, und zwar in der Weise, daß man den Zement entfernt, den Zylinder herausgerissen und ihn dann wieder in die Öffnung hineingestellt hatte. Die neuerliche unter aller Vorsicht ausgeführte Befestigung des Zylinders in dem Steine dürfte den Ort des auf der Oberfläche desselben gekennzeichneten Basispunktes um nicht mehr als 1—2 *mm* gegen den früher bestimmten Ort verändert haben, eine Unsicherheit, welche geringer ist, als der Fehler der Messung mit Invardrähten. Die Basis wurde nach Behebung dieses unliebsamen Zwischenfalles das drittemal zu Ende gemessen und hierauf ein viertersmal gemessen.

Nach diesen Erörterungen können nur die beiden letzten Messungen mit ihren Ergebnissen, da sie die jetzt festgelegte Basis kennzeichnen, zum Endergebnisse vereint werden; ein definitives Resultat ist bisher noch nicht veröffentlicht worden.

In dem Berichte vom 25. April 1904 von Poincaré wird angegeben, daß nachdem die Verbindung zwischen der Basis von Riobamba mit jener von San Gabriel (der Nordbasis) durch Triangulation hergestellt war, Maurain eine provisorische Berechnung ausgeführt, die Basis von San Gabriel von jener bei Riobamba abgeleitet hat, freilich unter der Voraussetzung, daß die beiden Grundlinien auf derselben Niveaufäche liegen. Maurain kam zu folgendem Ergebnis:

Gemessene Länge der Nordbasis	6604·77 <i>m</i>
Berechnete » » »	6604·83 <i>m</i>

ein Ergebnis, welches, wenn auch die definitiven Rechnungen ein nicht besser übereinstimmendes Resultat geben würden; mit Rücksicht auf die die Beobachtungen beherrschenden Verhältnisse immerhin günstig bezeichnet werden muß.

Bei der Messung dieser Basis waren Lallemand und Perrier mit dem Ablesen an den Drähten, Rivet mit dem Nivellement, Adjutant Michel und Offiziere von Ecuador mit dem Allignement betraut.

Die in dieser Zeit der Basismessung herrschenden Witterungsverhältnisse waren sehr ungünstige und hatten die Beobachter schwer darunter zu leiden.

c) Südliche Verifikationsbasis.

(Basis von Viviate).

Die südliche auf peruanischem Gebiete zwischen Payta und Viviate gelegene Grundlinie ist während der Monate Jänner, Februar und März 1906 gemessen worden, und zwar dreimal mit Invardrähten mit dem im Bureau international des Poids et Mesures modifizierten Jaderinischen Apparate und zweimal mit dem monometallischen Maßstabe aus Invar.

Messung der Basis mit Invardrähten. Die Basis von Viviate oder auch Basis von Payta genannt, ist durch einen Zwischenpunkt in zwei Teile geteilt; jeder derselben ist dreimal gemessen worden, und zwar wurden die drei Drähte Nr. 13, 14 und 15 so kombiniert, daß 14 und 13, 14 und 15, 13 und 15 bei der Messung zur Anwendung kamen. Der Abstand der beweglichen Fixpunkte wurde aufeinanderfolgend mit jedem der beiden Drähte gemessen und hierbei die kleinen Maßstäbe fünfmal abgelesen.

Nach Bestimmung der Gleichungen für die Drähte hat man folgende Resultate gefunden:

Für den westlichen Teil:

1. Messung vom 26.—31. Jänner 1906	2. Messung vom 1.—2. Februar inkl.	3. Messung vom 6.—7. Februar inkl.
Draht 14 4530·92257 <i>m</i>	Draht 14 4530·91600 <i>m</i>	Draht 13 4530·94503 <i>m</i>
» 13 4530·96290 <i>m</i>	» 15 4530·88045 <i>m</i>	» 15 4530·86297 <i>m</i>
Mittel = 4530·94278 <i>m</i>	4530·89822 <i>m</i>	4530·90400 <i>m</i>
$\Delta = 40\cdot33 \text{ mm}$	$\Delta = 35\cdot55 \text{ mm}$	$\Delta = 82\cdot06 \text{ mm}$

Für den östlichen Teil:

1. Messung vom 3.—4. Febr. (Mittag)	2. Messung vom 4.—5. Febr. Abends	3. Messung vom 17.—19. März inkl.
Draht 14 3685·74390 <i>m</i>	Draht 14 3685·79091 <i>m</i>	Draht 13 3685·76633 <i>m</i>
» 13 3685·79152 <i>m</i>	» 15 3685·76143 <i>m</i>	» 15 3685·74633 <i>m</i>
Mittel = 3685·76771 <i>m</i>	3685·77617 <i>m</i>	3685·75633 <i>m</i>
$\Delta = 47\cdot62 \text{ mm}$	$\Delta = 29\cdot48 \text{ mm}$	$\Delta = 20\cdot00 \text{ mm}$

Die sich zeigenden beträchtlichen Abweichungen können nicht mehr durch die bei derartigen Messungen auftretenden zufälligen Fehler erklärt werden, und da man bei den Beobachtungen mit größter Vorsicht vorgegangen ist, so liegt die Vermutung einer Änderung der Drähte, sei es durch die Reise, sei es durch andere Ursachen hervorgerufen, sehr nahe.

Stellt man die Messungsergebnisse, wie sich dieselben mit denselben Drähten zu den verschiedenen Zeiten ergeben haben zusammen, so erhält man:

Westlicher Teil:		Östlicher Teil:	
Draht 13 vom	$\begin{cases} \frac{2\cdot0}{1} - \frac{3\cdot1}{1} \\ \frac{0}{2} - \frac{7}{2} \end{cases}$	Draht 13 vom	$\begin{cases} \frac{3}{2} - \frac{4}{2} \\ \frac{1\cdot7}{3} - \frac{1\cdot9}{3} \end{cases}$
	4530·96290 <i>m</i>		3685·79152 <i>m</i>
	4530·94503 <i>m</i>		3685·76633 <i>m</i>
Mittel	4530·95397 <i>m</i>		3685·77893 <i>m</i>
$\Delta = +$	17·87 <i>mm</i>	$\Delta = +$	25·19 <i>mm</i>
Fehlerverhältnis	$\frac{1}{257066}$		$\frac{1}{14600}$
Draht 14 vom	$\begin{cases} \frac{2\cdot0}{1} - \frac{3\cdot1}{1} \\ \frac{1}{2} - \frac{2}{2} \end{cases}$	Draht 14 vom	$\begin{cases} \frac{3}{2} - \frac{4}{2} \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \end{cases}$
	4530·92257 <i>m</i>		3685·74390 <i>m</i>
	4530·91600 <i>m</i>		3685·79091 <i>m</i>
Mittel	4530·91928 <i>m</i>		3685·76740 <i>m</i>
$\Delta = +$	6·57 <i>mm</i>	$\Delta = -$	47·01 <i>mm</i>
	$\frac{1}{69000}$		$\frac{1}{7800}$

Draht 15 vom $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} - \frac{2}{2} \\ \frac{6}{2} - \frac{7}{2} \end{array} \right.$	Draht 15 vom $\left\{ \begin{array}{l} \frac{4}{2} - \frac{5}{2} \\ \frac{1}{5} - \frac{1}{8} \end{array} \right.$
$4530 \cdot 88045 \text{ m}$ $4530 \cdot 86297 \text{ m}$ Mittel $4530 \cdot 87171 \text{ m}$	$3685 \cdot 76143 \text{ m}$ $3685 \cdot 74633 \text{ m}$ $3685 \cdot 75388 \text{ m}$
$\Delta = + 17 \cdot 48 \text{ mm}$	$\Delta = + 15 \cdot 10 \text{ mm}$
$\frac{1}{4530000}$ Gesamtmittel $4530 \cdot 91498 \text{ m}$	$\frac{1}{3685000}$ $3685 \cdot 76674 \text{ m}$

Hieraus ergibt sich einerseits, daß die Messungsergebnisse mit den drei Drähten auf einen konstanten Fehler in der Gleichung derselben schließen lassen, indem die Resultate, mit Draht 13, 14 und 15 erhalten, eine stetige Abnahme zeigen; ferner andererseits, daß die zweiten Messungen mit demselben Drahte systematisch einen kleineren Wert geben, als die ersten Messungen, was auf eine Änderung der Gleichungen dieser Drähte schließen ließe. Bourgeois meint aber, daß diese Ergebnisse noch näher zu prüfen und zu diskutieren sein werden, ehe richtige Schlüsse gezogen werden können.

Diese Drähte wurden nach ihrer Rückkunft in Breteuil (August 1906 bis Juni 1907) neuerdings mit der daselbst geschaffenen Basis verglichen; aus diesen Vergleichen mit jenen vor der Basismessung in Viviate (Oktober 1904 bis Oktober 1905) hat sich eine Verkürzung von $0 \cdot 1 - 0 \cdot 2 \text{ mm}$ ergeben. Die definitive Reduktion der Grundlinie mit Rücksicht auf diese konstatierte Änderung in der Länge liegt bis jetzt noch nicht vor.

Die Messungen wurden von de Foulongue, Dr. Rivet, Peyronel und Durant mit Hilfe von zwei französischen Unteroffizieren und einer entsprechenden Anzahl Soldaten von Peru unter günstigen Witterungsverhältnissen ausgeführt.

Messung der Basis mit dem monometallischen Meßstabe aus Invar. Das westliche Segment wurde in der Zeit vom 23. März bis 13. April, das östliche Segment in der Zeit vom 14. bis 19. April 1906 gemessen; die zweite Messung erfolgte in der Zeit vom 19. bis 22. April vom Ostpunkte gegen den Westpunkt.

Der Unterschied der beiden Messungsergebnisse des östlichen Teiles der Basis beträgt nur $1 \cdot 62 \text{ mm}$, entsprechend dem Fehlerverhältnisse $1 : 2275000$. Die Messung wurde unter Leitung von Foulongue von Peyronel und Durand, Zapater und Lecomte, dem assistierenden Schiffsleutnant Carbajal nebst dem entsprechenden Hilfspersonale ausgeführt.

Auf der Tafel 2 sind die Basisnetze der drei Basen in Fig. 1, 2, 3 in einem entsprechenden Maßstabe dargestellt.*)

Die Winkelmessung.

Horizontalwinkel waren auf 71 Stationen zu messen.

In der folgenden Tabelle**) sind die Namen dieser 71 Stationen, bezüglich der Dreieckspunkte, von Norden nach Süden gehend, angeben. Die zweite Rubrik enthält die vorläufige Meereshöhe, die dritte den Namen des Beobachters, die

*) G. Perrier: La figure de la Terre, Planche XII.

**) G. Perrier La Figure de la Terre T. IV.

vierte die Anzahl der Richtungen und die fünfte die Zeitdauer der Winkelmessung für die betreffende Station. Die Stationen des neuen Meridians, welche auf denselben Gipfeln gewählt wurden, wo die Stationen der Akademiker waren, sind gesperrt gedruckt; es sind deren 18. Die fett gedruckten Stationen sind in der Identität zweifelhaft.

Name	Höhen (vorläufig)	Beobachter	Anzahl der Richtungen	Dauer der Winkelmessung	Name	Höhen (vorläufig)	Beobachter	Anzahl der Richtungen	Dauer der Winkelmessung
	„			Tago		„			Tage
1. Tulcan	3002	Pr	4	13	34. { Ö. Basisendpunkt Rio- bamba, 1. Periode . . .	2732	Le	7	8
2. Troya	3513	Pr	6	36		» 2. »		Le	5
3. { El Pelado, 1. Periode	4149	Pr	7	92	35. Aupate	3525	Le	10	31
» 2. »		Pr	3	50	36. Yana-Aspha	4185	Le	7	9
4. Machines	3623	Pr	4	12	37. Chujuj	3696	Le	8	10
5. Mirador	3830	Pr	7	77	38. Zagrun	3701	M	6	5
6. N. Basisendpunkt San Gabriel	2860	Pr	3	13	39. Lalanguzo	4295	M	5	5
7. { S. Basisendpunkt San Gabriel, 1. Periode . . .	2841	Pr	4	12	40. Shiniguallay	4193	M	5	7
	» 2. »	Pr	2	22	41. Danas	3780	M	4	5
8. Yana Urcu	4537	Ld	5	32	42. Tioloma	4263	Ld	4	4
9. Pinllar	2875	Pr	4	71	43. Naupan	4515	Pl	5	52
10. El Redondo	3835	Pr	8	57	44. Quinualoma	3934	Ld	4	21
11. Pusacocha	3611	Ld	5	22	45. Bueran	3820	Pl	5	36
12. Culangal	4263	M	6	36	46. Yausai	3635	Ld	5	14
13. Cayambe	2862	M	2	1	47. Namurelte	3804	Ld	6	34
14. Casitagua	3513	Ld	5	14	48. Soldados	4138	Pl	4	10
15. { Pambamarea, 1. Per.	4075	M	6	23	49. Cuenca	3064	Ld	4	23
	» 2. »	M	5	4	50. Borma	3128	Ld	6	10
16. { Pichincha, 1. Periode	4320	M	5	19	51. Minas	4096	Ld	5	9
	» 2. »	Ld	2	4	52. Narihuina	3905	Ld	3	32
17. Quito Observatorium . . .	2827	Ld	3	2	53. Tinajillas	3489	Pl	6	42
18. { Panecillo, 1. Periode . . .	3012	M	4	20	54. Machalla	2	Pr	2	51
	» 2. »	Ld	4	6	55. Chillacocha	3591	Ld	6	49
19. Poingasi	3134	Ld	3	3	56. Pierro-Urcu	3788	Pl	6	44
20. Sincholagua, süd	4525	M	6	9	57. Guachanama	3086	Pr	5	86
21. { Corazon, 1. Periode	4280	M	6	16	58. Colambo	3094	Pr	4	41
	» 2. »	M	2	1	59. La Masa	404	Pl	4	36
22. Cerro Ami Grande	3834	Le	5	12	60. Los Pozos	2136	Pl	4	50
23. Milin	3920	Le	5	10	61. El Bultre	178	Pl	5	31
24. Latacungo	2809	M.Ld	6	15	62. Ereo	649	D	4	6
25. Huangotasin	4025	Le	6	19	63. El Arenal	103	F	3	5
26. Sagoatoa	4152	Le	6	5	64. Östl. Basisendpunkt Viviate	111	F	6	6
27. Huicotanga	3532	Le	5	12	65. Zwischenpunkt der Basis Viviate	106	F	4	3
28. Cahuito	4469	Le	5	16		66. Punta Arena	133	Pl	3
29. Mulmul	3876	Le	5	33	67. Westl. Basisendpunkt Viviate	103	F	4	3
30. Chimborazo	4150	Le	6	9	68. Viviate	89	F	5	3
31. { Iguallata, 1. Periode	3533	Le	6	4	69. Payta	72	F	3	6
	» 2. »	Le	4	5	70. El Ahorcado	141	D	6	10
32. { W. Basisendpunkt Rio- bamba, 1. Periode	2883	Le	6	5	71. Chocan	231	D	6	4
	» 2. »	Le	5	6					
33. Loma de Quito (Riobamba)	2782	Le	7	6					

Beobachter: Le = Lacombe, M = Maurain, Ld = Lallemant, Pl = Peyronel, D = Durand, F = Fonlongue, Pr = Perrier.

Stellt man die Stationszahl nach der Höhenlage zusammen, so ergibt sich:

Von den 71 Stationen liegen			
in der Höhe von	Stationen	in der Höhe von	Stationen
0 — 250 m	11	2500—3000 m	9
250 — 500 m	1	3000—3500 m	8
500—1000 m	1	3500—4000 m	22
1000—2000 m	0	4000—4500 m	15
2000—2500 m	1	4500—5000 m	3

d. h. 57 Stationen liegen zwischen 2500 und 5000 m und nur 14 Stationen liegen zwischen 0 und 2500 m.

In richtiger Erkenntnis der die Winkelmessung beeinflussenden klimatischen Verhältnisse in Ecuador hat man sich für die Methode der Winkelmessung nach Schreiber, wie dieselbe bei der trigonometrischen Abteilung der preußischen Landesaufnahme eingeführt und auch schon in Frankreich angewendet worden ist, entschieden.

Diese Methode wurde in der Tat auf 68 Stationen angewendet und nur auf den drei Stationen, Ereo, El Ahorcado und Chocan, im südlichen Teile gelegen, wurde dieselbe verlassen und dafür die Methode der Richtungsbeobachtungen unter Zuhilfenahme einer «Nullmarke» (referring point bei den Engländern, point de reference bei den Franzosen) gewählt; man entschloß sich hierzu deswegen, weil in diesen Regionen die meisten Signale immer zur gleichen Zeit sichtbar waren.

Bei den Winkelbeobachtungen hat man das Gewicht in dem Endresultate der Bestimmung einer Richtung im allgemeinen mit 24 bis 20 festgesetzt; nur auf den drei Stationen Tinajillas, Chillacocha und Punta Arena hat man sich mit den Gewichten 18, 18 und 12 begnügen müssen.

Für neun Signale war das Beobachten äußerst schwer, weswegen man sich entschließen mußte, Hilfssignale aufzustellen, u. zw. derart, daß dieselben auf einem näher gelegenen Kamm, aber möglichst in der Vertikalebene mit dem eigentlichen Signale am Triangulierungspunkte angebracht worden sind. Diese Hilfssignale wurden statt der Signale auf den entsprechenden Hauptpunkten in die Winkelmessung einbezogen, und schließlich wurde vom jeweiligen Zentrum der Station der Winkel zwischen der Richtung nach dem Hilfssignale und dem zugehörigen Signale des Dreieckspunktes mit dem am Fernrohre angebrachten Schraubenmikrometer gemessen.

Die unter den schwierigsten Verhältnissen ausgeführten Winkelmessungen müssen als sehr zufriedenstellend bezeichnet werden, indem der mittlere Fehler eines Dreieckes, gerechnet nach der bekannten, bei der internationalen Erdmessung gebrauchten Formel mit $\pm 2''.1$ (C) oder mit $\pm 0''.7$ (S) gefunden worden ist.

An Instrumenten standen zur Winkelmessung drei Azimutalkreise von Brüner und ein Azimutalkreis von Huetz zur Verfügung. (Cercles azimutaux réiterateurs.)

Sie sind einzig für die Messung der Horizontalwinkel eingerichtet und haben sich die derartigen Winkelmeßinstrumente bei den Triangulationen des neuen

Meridians in Frankreich, in Algerien, Tunis und bei der Verbindung des spanischen Dreiecksnetzes mit jenem von Algerien trefflich bewährt.

Der Durchmesser des verstellbaren Kreises beträgt 42 cm ; die direkte Teilung ist von 10 zu $10'$ ausgeführt; ein Teil der Trommel der Mikroskope beträgt nahezu $4''$ (Centesimal). Das Fernrohr hat ein Objektiv von 5.3 cm Öffnung und 62 cm Brennweite; mit den drei beigegebenen Okularen kann die Vergrößerung $25, 30$ und 40 erzielt werden; der Mikrometerwert eines Trommelteiles des Mikrometers am Okular ist nahezu $5''$.

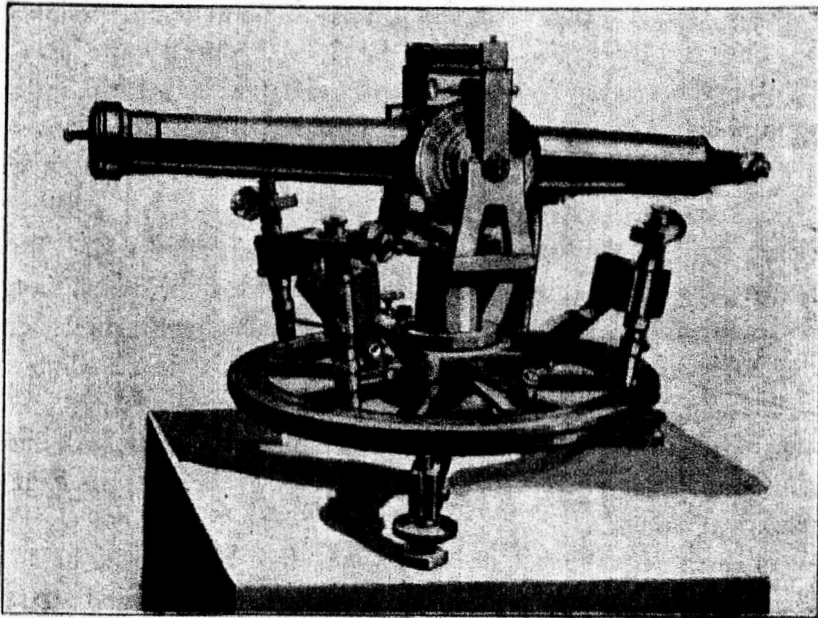


Fig. 4.

In Fig. 4 ist ein Cercle azimutal réitérateur mit vier Mikroskopen von Gebrüder Brünnner dargestellt.*)

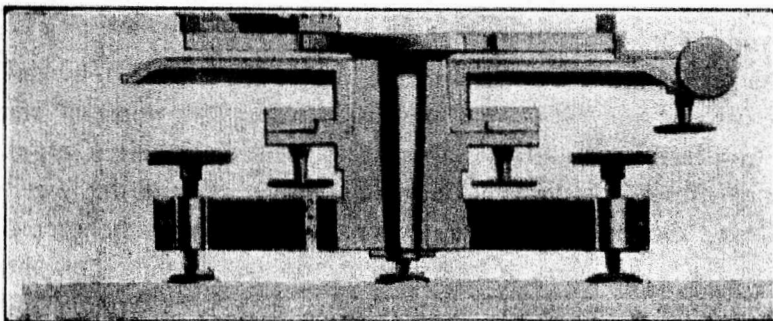


Fig. 5.

Fig. 5 gibt den Schnitt durch die Vertikalachse eines derartigen Instrumentes, um die Konstruktion zur Verstellung des Horizontalkreises, welche von der bei uns gebräuchlichen abweicht, zum Ausdruck zu bringen.

*) G. Perrier. La Figure de la Terre. pag. 411.

Medimaremeter. Das geometrische Präzisions-Nivellement.*)

Zur Bestimmung der mittleren Meereshöhe wurden an zwei Punkten der Küste des stillen Ozeans Medimaremeter, System Lallemand**), aufgestellt; das eine auf der kleinen Halbinsel Salinas an der Seite gegen den stillen Ozean und das andere bei Payta. Das erste Medimaremeter konnte an der Küste von Guayaquil wegen der Strömungen, der Sümpfe und wegen des Flußes Guajas nicht angebracht werden, weil hiedurch der Wert der mittleren Meereshöhe beträchtlich beeinflußt wird.

Am Medimaremeter Salinas wurden die Beobachtungen täglich während der Zeit vom 14. Februar 1904 bis 31. März 1907, also durch volle drei Jahre ausgeführt. Das Medimaremeter in Payta wurde erst im Mai 1906 installiert; die Beobachtungen werden fortgesetzt und die Journale durch den Hafenskapitän zur weiteren Bearbeitung dem geographischen Dienste der Armee nach Paris gesendet.

Mit diesen beiden Medimaremetern wurde je ein Punkt der Triangulation durch ein geometrisches Nivellement verbunden. Diese beiden Triangulierungspunkte sind der westliche Endpunkt der Basis von Riobamba und der westliche Endpunkt der Basis von Viate, von denen der erste mit dem Medimaremeter von Salinas, der letzte mit jenem von Payta verbunden worden ist.

Die zum Nivellement verwendeten Instrumente und die hiebei gebräuchlichen Methoden sind dieselben, welche bei dem General-Nivellement in Frankreich Anwendung gefunden haben.

Das Nivellement von Riobamba bis Salinas teilt sich in die beiden Strecken von Riobamba bis Duran und von Guayaquil bis Salinas; sie sind getrennt durch den Fluß Guayas; erstere Strecke wurde in der Zeit vom 20. Dezember 1903 bis 17. Mai 1904 von dem Adjutanten Lallemand nivelliert und hat eine Länge von 226 km; die zweite Strecke wurde, da Lallemand infolge Erkrankung an gelbem Fieber in die Heimat zurückkehren mußte, vom Sergeanten Lecomte in der Zeit von Anfang Juni bis Ende Oktober 1904 nivelliert und hat eine Länge von 152 km.

Bei dem Nivellement von Riobamba bis Duran konnte teilweise die im Bau begriffene Eisenbahn von Guayaquil nach Quito benützt werden, was das Übersetzen der Cordilleren wesentlich erleichterte. Schwierigkeiten ergaben sich bei der Ausführung dieses Nivellements ohnehin genug, so auf der zweiten Strecke: das heiße Klima, die besondere Mühe bei der Schaffung sicherer Aufstellungspunkte für die Latte auf dem teilweise sehr weichen Boden, der Mangel an geeigneten, der Arbeit ergebenden Lattenträgern, die fortwährende Störung durch die Lasttiere und Rinder, welche dieselbe Fährte benützten.

Die zweite Nivellementlinie, von dem westlichen Endpunkte der Basis Vivate bis zum Medimaremeter bei Payta reichend, wurde vom Sergeanten Dufrenne

*) Siehe Tafel I.

**) Le Medimarémètre, nouvel appareil simplifié pour la Détermination du Niveau moyen de la Mer par M. Ch. Lallemand 1887. Paris.

in der Zeit von Februar bis März 1906 längs der Eisenbahn ausgeführt und hat eine Länge von 30 km.

Die nivellierten Strecken umfassen demnach die Gesamtlänge von 408 km.

Die Verbindung der beiden durch den Fluß Guajas getrennten Teilstrecken der Nivellementsline Riobamba-Salinas, zwischen Duran (Punkt *D*) und Guayaquil (Punkt *G*) erfolgte mittelst eines trigonometrischen Nivellements. Zu dem Zwecke wurde bei Duran mittelst Jäderin'schem Draht eine Grundlinie von 771·884 m gemessen und dieselbe mit dem Punkte *G*, am rechten Ufer von dem Guajas, zu einem Dreiecke verbunden, in welchem alle drei Winkel gemessen

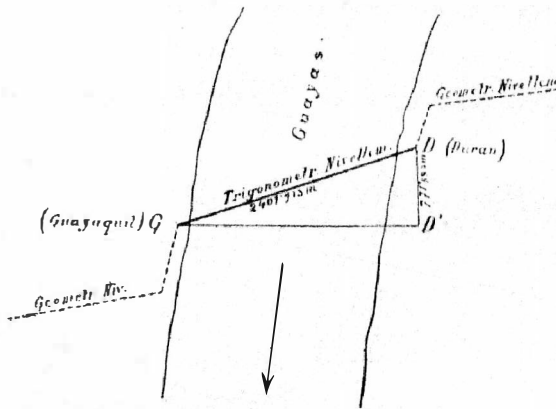


Fig. 6.

wurden; die Rechnung ergab für die Seite *DG* 2401·713 m. Fig. 6. Mittelst Schrauben-Mikroskop-Theodoliten wurden in *D* und *G* gegenseitige und gleichzeitige Zenitdistanzmessungen, verteilt auf acht Tage und an diesen zu verschiedenen Stunden, von Perrier und Canet gemessen. Der aus 154 beobachteten Zenitdistanzen mit der Entfernung *DG* berechnete Höhenunterschied zwischen *D* und *G* ist $H_D - H_G = -1,367 \text{ m} \pm 0,06 \text{ m}$. Hiermit ist die Berechnung der Meereshöhe des westlichen Basisendpunktes der Basis von Riobamba erst möglich.

Trigonometrische Höhenbestimmung.

Die trigonometrische Höhenbestimmung zwischen zwei Punkten erfordert außer der durch die Triangulation gegebenen Entfernung derselben die Messung der Zenitdistanz der die beiden Punkte verbindenden Geraden wenigstens in einem Punkte und die Kenntnis des Refraktionswinkels bezüglich des Refraktionskoeffizienten.

Werden aber die Zenitdistanzen an beiden Punkten gegenseitig und gleichzeitig gemessen, so macht man sich von der Kenntnis des Refraktionskoeffizienten, dieses unsicheren Elementes, unabhängig, was einen ganz wesentlichen Vorteil gegenüber der Höhenbestimmung aus nur einseitig gemessenen Zenitdistanzen bietet.

Zur Messung der Zenitdistanzen dienten drei der Sammlung des geographischen Dienstes der Armee gehörige Mikroskop-Theodolite von Huetz. Der Durchmesser des Horizontalkreises hat 22 cm, jener des Vertikalkreises 14 cm; ersterer ist von 20 · 20', letzterer von 30 · 30' geteilt; die Ablesung erfolgt an jedem Kreise mit 2 Mikroskopen mit dem Winkelwerte eines Trommelteiles von 8".

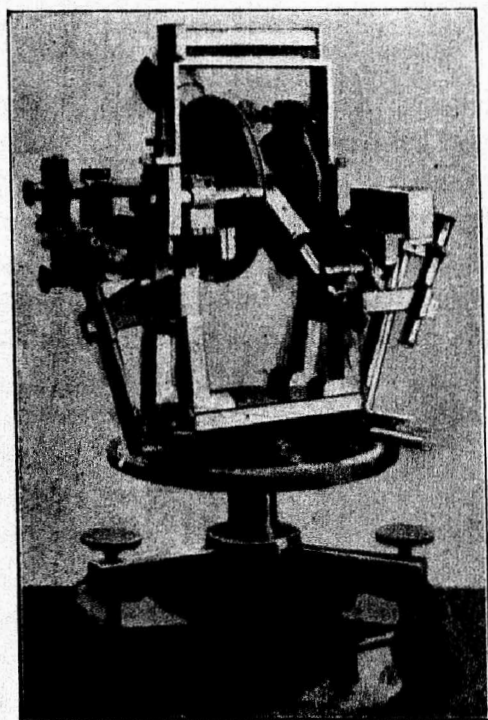


Fig 7.

Das Objektiv des Fernrohres hat eine Brennweite von 30 *cm*, eine Öffnung von 4·5 *cm*; die Vergrößerungszahl ist 30. Fig. 7 gibt die Darstellung eines derartigen Theodoliten.

Jede Zenithdistanz sollte mindestens in fünf Ständen bei verschiedenen Ausgangslesungen des Kreises gemessen werden.

Die strenge Ausführung der Messung gegenseitiger und gleichzeitiger Zenithdistanzen zwischen zwei Punkten hat sich als unmöglich erwiesen.

Um aber soviel als möglich den Einfluß, welcher sich dann durch die Einführung des Refraktionskoeffizienten auf das Resultat der Höhendifferenz ergibt, kennen zu lernen, hat man sich bestimmt gefunden, die Refraktion in diesen Gegenden zu studieren.*)

Zu dem Ende wurden zwei Beobachtungsreihen ausgeführt, u. zw. die erste Mitte September 1902 zwischen den Stationen Pambamarca (4075 *m* H., Beobachter Maurain) und Panecillo (3012 *m* H., Beobachter Gonnessiat) mit dreizehn gegenseitigen und gleichzeitigen Zenithdistanzen zwischen 6 Uhr Morgen und Mittag; die meteorologischen Instrumente wurden hierbei regelmäßig beobachtet. Der sich aus diesen Beobachtungen ergebende Refraktionskoeffizient schwankt zwischen 0·067 und 0·053.

Die Berechnung des Refraktionskoeffizienten erfolgt nach der bekannten Formel:

$$k = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{R}{d} \sin 1'' (2000'' - (z_1 + z_2))$$

Das Mittel der Dichten der Luft auf diesen beiden Stationen hat geschwankt zwischen 0·640 und 0·622; man hat weiter eine Formel zur Bestimmung von k als Funktion der Dichte D der Luft aufgestellt und hierfür innerhalb der Beobachtungsgrenzen gefunden:

$$k = -0·44075 + 0·79253 D$$

Die zweite diesbezügliche Beobachtungsreihe wurde im September 1903 zwischen den Stationen El Redondo (3835 *m* H., Beobachter Perrier) und Pinllar (2875 *m* H., Beobachter Lecomte) ausgeführt und umfaßt 391 gegenseitig und gleichzeitig beobachtete Zenithdistanzen.

Die Gleichzeitigkeit der Beobachtungen wurde streng eingehalten, indem die Zeit häufig von El Redondo nach Pinllar durch Signale übertragen wurde.

*) G Perrier. La figure de la Terre. pag 420 u. f.

Die Beobachtungszeit erstreckte sich von 6 Uhr morgens bis Sonnenuntergang. Die meteorologischen Instrumente wurden auf beiden Stationen abgelesen, u. zw. in El Redondo sechsmal des Tages, in Pinllar alle 3 Stunden zwischen 7 Uhr morgens bis 10 Uhr abends.

Man hatte mit diesen Beobachtungen das Material zum Studium des Verhaltens der terrestrischen Refraktion in großen Höhen unter dem Äquator gewonnen.

Der Refraktionskoeffizient, gerechnet aus dieser Beobachtungsreihe, schwankt zwischen 0·025 und 0·070.

Die mittlere Dichte der Luft auf diesen beiden Stationen bewegt sich zwischen 0·656 und 0·629.

Der Refraktionskoeffizient k ergibt sich als Funktion der Dichte D der Luft innerhalb der Beobachtungsgrenzen nach der Gleichung:

$$k = -1·11309 + 1·81340 D.$$

Stellt man sich den Verlauf des Wertes des Refraktionskoeffizienten graphisch dar, indem man die Tagesstunden als Abszissen und die zugehörigen Werte des Refraktionskoeffizienten als Ordinaten aufträgt und ihre Endpunkte verbindet, so erkennt man, daß der Wert des Refraktionskoeffizienten vom Aufgange der Sonne bis 2 Uhr nach Mittag fortwährend abnimmt, um diese Zeit das Minimum erreicht und dann bis zum Abend wieder zunimmt. Die Kurve selbst neigt sich am Morgen wenig, während sie gegen die Abendstunden hin rasch steigt. Von 9 Uhr morgens bis 4 Uhr nach Mittag bleibt die Tangente an die Kurve ziemlich horizontal, der Wert k variiert in dieser Zeit um 0·020.

Diese Untersuchungen haben also ergeben, daß der Wert des Refraktionskoeffizienten ziemlich konstant und ein Minimum während der Mittagszeit ist, und demgemäß wurden auch die Zenithdistanzen in diesen Regionen nur während der oben bezeichneten Stunden gemessen. Wegen der in Ecuador auftretenden atmosphärischen Verhältnisse, welche von den bei uns herrschenden abweichen, war es wohl notwendig, diesen hier bezeichneten Weg einzuhalten.

Werden demnach die Zenithdistanzen auch einseitig, aber um die Mittagszeit gemessen, so wird die durch die Einführung des hier bestimmten Refraktionskoeffizienten in der Rechnung hervorgehende Unsicherheit nur gering sein.

Für jene Dreieckspunkte, welche nur selten und da nur am Morgen oder am Abend sichtbar waren und sonach in diesen für die Refraktion ungünstigen Stunden beobachtet werden mußten, hat man bei der Messung der Zenithdistanzen auch die meteorologischen Instrumente abgelesen; man kann nach den ausgeführten Studien über die Refraktion einen ziemlich sicheren Wert des Refraktionskoeffizienten k aus der von der Dichte D der Luft abhängigen Formel ableiten.

Durch die trigonometrische Höhenbestimmung der zwischen dem westlichen Endpunkte der Basis bei Riobamba und der nördlichen Basis bei Tulcan gelegenen Dreieckspunkte wird auch die zur Reduktion auf das Meeresniveau nötige Meereshöhe bekannt.

Die Breitenbestimmung.

Die Breitenbestimmung geschah nach drei Methoden; 1. durch die Messung von Meridianzenithdistanzen; 2. durch die Messung von Zirkummeridianzenithdistanzen und 3. durch die Beobachtung von Sternen in gleicher Höhe.

Zur Ausführung der Beobachtungen nach diesen drei Methoden standen die folgenden Instrumente zur Verfügung: Ein kleiner portativer Meridiankreis und zwei große portative Meridiankreise von Gebrüder Brünner für die Methode nach 1; drei Mikroskoptheodolite von Huetz für die Methode 2; zwei Prismen-Astrolabien, Claude und Driancourt, ausgeführt von Vion.

a) Breitenbestimmung von Meridian-Zenithdistanzen.

Fig. 8 gibt ein Bild eines großen portativen Meridiankreises von Gebrüder Brünner.*) Der Durchmesser des verstellbaren und direkt von 5° – $5'$ geteilten

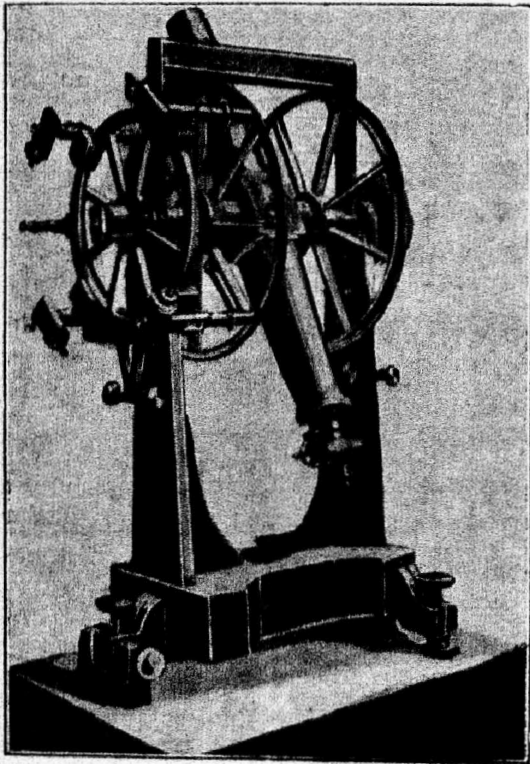


Fig. 8.

Kreises ist 41.5 cm ; zum Ablesen sind vier Mikroskope mit dem Winkelwerte von 2 Sekunden für einen Trommelteil angebracht. Das Fernrohr hat ein Objektiv von 77.5 cm Brennweite und eine Öffnung von 6.1 cm . Einer Umdrehung der Schraube am Okularmikrometer entsprechen nahezu $7''$.

Bei diesen typischen Konstruktionen ist auch dafür Sorge getroffen, die Visierlinie des Fernrohres in die Richtung nach dem Nadir, d. i. genau vertikal stellen zu können; zu dem Ende kann in dem Untergestelle ein Quecksilberhorizont hergestellt werden. Mit den entsprechenden Schrauben kann die Drehachse des Fernrohres in die horizontale Lage und in den Meridian gebracht werden; weiters ist hierzu noch das Nadir-Okular notwendig.

Die Meridianzenithdistanz eines Sternes ergibt sich dann aus der Differenz der Ablesungen bei der Einstellung der Visur auf den Stern und jenen bei der Einstellung auf das Nadir.

Die Methode der Breitenbestimmung mittelst gemessener Meridian-Zenithdistanzen unter Anwendung der portativen Meridiankreise und Einstellung der Visierlinie auf das Nadir wurde hauptsächlich von Villarcceau bei den von ihm in den Jahren 1861–1865 ausgeführten astronomischen Arbeiten angewendet und vervollkommenet und führt auch daselbst seinen Namen.

*) Siehe: G. Perrier. La Figure de la terre. pag. 426.

Mit dem großen portativen Meridiankreise von Brünner wurden auf allen Stationen erster Ordnung, wo man zu gleicher Zeit den Längenunterschied und die Azimutmessung vollzog, die geographische Breite bestimmt. Diese acht Stationen, von Nord nach Süd gehend, sind: Tulcan (mit 8 Reihen, Beobachter Perrier), Pinllar (6 R., B. Perrier), Panecillo (8 R., B. Maurain), Latacunga (4 R., B. Maurain), Riobamba (8 R., B. Bourgeois), Cuenca (8 R., B. Maurain), Machalla (6 R., B. Massenet), Payta (8 R., B. Maurain). Eine Reihe umfaßt gegen 40 Sterne. Die endgiltig abgeleitete Breite ist mit dem wahrscheinlichen Fehler ± 0.1 behaftet.

Mit dem kleinen portativen Meridiankreise von Brünner sind von Perrier durch Messen von Meridianzenithdistanzen, aber ohne Anwendung des Nadirpunktes, auf zwei Stationen Breitenbestimmungen ausgeführt worden, nämlich auf Colambo (3094 *m* H.) und auf Guachanama (3086 *m* H.); da diese Stationen an der Südgrenze der großen Höhen der Cordilleren gelegen sind, so bieten sie ein besonderes Interesse betreffend die Ablenkung der Lotlinien im Zusammenhange mit der Tatsache, daß, wenn man von den beiden genannten Stationen weiter nach Süden geht, unmittelbar die beiden Stationen los Pozos (2436 *m* H.) und la Masa mit nur 404 *m* Höhe folgen.

Auf jeder Station wurden 120 Sterne beobachtet. Der wahrscheinliche Fehler der abgeleiteten Breiten ist nahezu $\pm 0.2''$.

b) Bestimmung der Breite aus Zirkummeridianzenithdistanzen.

In Fig. 7 ist ein zu dieser Breitenbestimmung verwendeter Mikroskoptheodolit von Huetz abgebildet.

Diese Methode wurde hauptsächlich für die höher gelegenen Punkte in den Cordilleren, für welche der Transport und die Aufstellung der portativen Meridiankreise mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden gewesen wäre, angewendet. Es wurden hierbei mindestens drei Einstellungen des Sternes vor dem Meridiandurchgange in der einen Kreislage und darauf eben so viele Einstellungen des Sternes nach dem Meridiandurchgange in der anderen Kreislage zu einem Satze oder Stande vereinigt. Die Sterne wurden so gewählt, daß den Beobachtungen nach Norden hin eine wo möglich gleiche Anzahl der Beobachtungen nach Süden hin mit nahezu derselben Zenithdistanz entspricht.

Die ungünstigen Witterungsverhältnisse erschwerten nicht nur die Beobachtung der Zirkummeridianzenithdistanzen, sondern hauptsächlich die nötigen Zeitbestimmungen, und erforderten eine unverhältnismäßig lange Zeit.

Da aber diese astronomischen Beobachtungen gleichzeitig mit der Winkelmessung auf den betreffenden Stationen ausgeführt wurden, die letztere wegen der ungünstigen klimatischen Verhältnisse noch einen größeren Zeitaufwand als die Breitenbestimmung erforderte, so fiel dieses nicht so stark ins Gewicht.

Wie ungünstig die Verhältnisse für das Beobachten in diesen Regionen waren, mag aus den Beobachtungen auf der Station El Pelado (4149 *m*) entnommen werden, wo in der Zeit vom 27. November 1902 bis 22. Februar 1903,

also in beinahe drei Monaten, nur in 10 Nächten Sternbeobachtungen und da auch nur im bescheidenen Maße gemacht werden konnten.

Im ganzen wurden nach dieser Methode auf 39 Stationen Breitenbestimmungen ausgeführt; der wahrscheinliche Fehler des Endwertes der Breite für eine Station ist ungefähr $\pm 0.3''$.

e) Bestimmung der Breite aus Beobachtungen der Sterne in gleicher Höhe.

Die im geographischen Dienste der Armee seit 1902 fortgesetzten Studien über die Verwendbarkeit des Prismen-Astrolabiums haben dazu geführt, daß man auch die Mission der Gradmessung in Ecuador mit zwei derartigen, von Vion konstruierten Instrumenten ausgerüstet hat; das Fernrohr gewährt eine 65-fache Vergrößerung. Im Jahre 1904 wurden die Beobachtungen mit denselben begonnen. Das Instrument ist in Fig. 9 abgebildet.

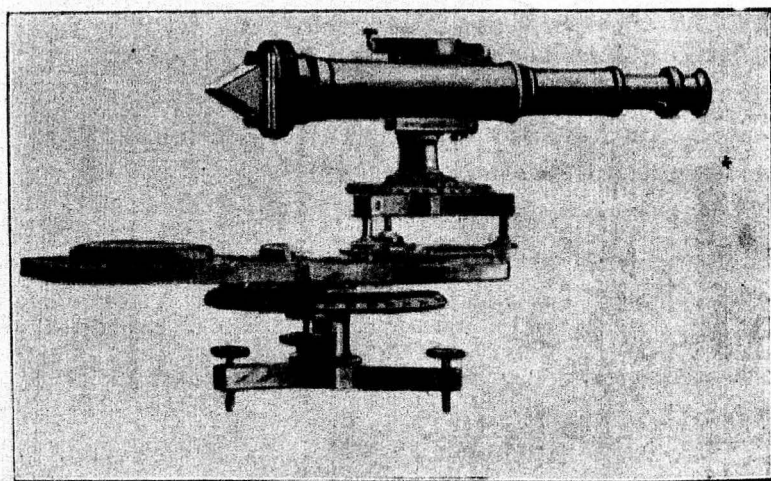


Fig. 9.

Kapitän Peyronel beobachtete auf acht und Kapitän Lallemand auf zwei Stationen. Diese 10 Stationen sind: Naupan, Bueran, Yausai, Soldados, Minas, Tinajillas, Fierro-Urcu, Los Pozos, El Buitre und Payta.

Die mit dem Prismen-Astrolabium bestimmten Werte der geographischen Breiten haben den wahrscheinlichen Fehler von nahezu $\pm 0.3''$ ergeben, eine Genauigkeit, welche bei der Beobachtung selbst einer geringen Anzahl von Sternen den Vergleich mit den Theodolitbeobachtungen aushält.

Im ganzen wurden demnach auf 59 Stationen von den 71 Stationen Breitenbestimmungen ausgeführt, u. zw. auf 8 mit dem großen portativen Meridiankreise und dem wahrscheinlichen Fehler $\pm 0.1''$, auf 2 mit dem kleinen portativen Meridiankreise und dem wahrscheinlichen Fehler $\pm 0.2''$, auf 39 Stationen mit dem Mikroskop-Theodoliten und auf 10 mit dem Prismen-Astrolabium und dem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 0.3''$.

In Pinllar und Latacunga ist die Breite mit dem großen portativen Meridiankreise und auch mit dem Theodoliten, in Payta mit dem großen portativen

Meridiankreise und dem Prismen-Astrolabium, in Naupan und Yausai mit dem Theodoliten und dem Prismen-Astrolabium bestimmt worden; die definitiven Reduktionen dieser auf einzelnen Stationen gleichzeitig mit verschiedenen Instrumenten bezüglich verschiedenen Methoden wird ein gutes Mittel zur relativen Vergleichung hinsichtlich ihres Wertes geben.

Die äußersten Stationen mit Breitenbestimmung sind:

im Norden Tulcan mit $-0^{\circ} 48' 25.7''$

im Süden Payta „ $-5^{\circ} 5' 8.5''$

Die Amplitude des Bogens zwischen diesen beiden Punkten ist sonach $5^{\circ} 53' 34.2''$.

Die Längenbestimmungen.

Es wurden neun Längenunterschiede, welche sich auf die Zeit von 1901 bis 1906 verteilen, bestimmt.

Diese neun Längenunterschiede sind zwischen den folgenden Stationen ermittelt worden:

Westliche Station:	Östliche Station:	Zeit der Bestimmung:
Loma de Quito (Riobamba) <i>B</i>	Panecillo <i>M</i>	Oktober—November 1901
Panecillo <i>M</i>	Quito Observatorium . <i>G</i>	Jänner 1902
Quito Observatorium . . <i>M</i>	Tulcan <i>P</i>	März 1902
Latacunga <i>M</i>	Quito Observatorium . <i>G</i>	Juli 1902
Observatorium Quito . . <i>G</i>	Pinllar <i>P</i>	Mai—Juni 1903
Cuenca <i>M</i>	Observatorium Quito . <i>P</i>	März—April 1904
Machala <i>P</i>	Cuenca <i>N</i>	September—November 1905
Payta <i>F</i>	Cuenca <i>N</i>	April—Mai 1906
Guayaquil <i>L</i>	Observatorium Quito . <i>G</i>	Juli—August 1906.

Die Beobachter waren: Bourgeois (*B*), de Fonlongue (*F*), Maurain (*M*), Noirel (*N*), Perrier (*P*), Gonnessiat (*G*) (seit 1906 Direktor des Observatoriums von Algier), Lagrula (*L*) (seit 1906 Direktor des Observatoriums von Quito).

In Fig. 10 sind diese Stationen in der hier genannten Verbindung übersichtlich dargestellt und gleichzeitig sind die Jahreszahlen der Ausführung beigesetzt.

Die zur Bestimmung des Längenunterschieds war die mit Hilfe des die beiden Stationen verbindenden elektrischen Telegraphen auszuführende Signalmethode. Die Signale wurden auf den an beiden Stationen aufgestellten Chronographen registriert.

Die Zeitbestimmungen wurden auf jeder Station lokal registriert.

Die Herstellung der elektrischen Verbindung der Station mit Zuhilfenahme der Telegraphenlinien ergab schon viele Schwierigkeiten, welche sich auch noch während der Beobachtungen wegen der häufigen Unterbrechungen fortsetzten und die Geduld der Beobachter auf das äußerste in Anspruch nahmen.

Das beste zur Behebung der persönlichen Gleichung zwischen den beiden Beobachtern zur Verfügung stehende Verfahren, d. i. der Wechsel der Beobachter während der Beobachtungsperiode, hat in Ecuador wegen des mit dem Wechsel der Beobachter verbundenen großen Zeitverlustes und auch wegen der großen Kosten nicht Anwendung finden können.

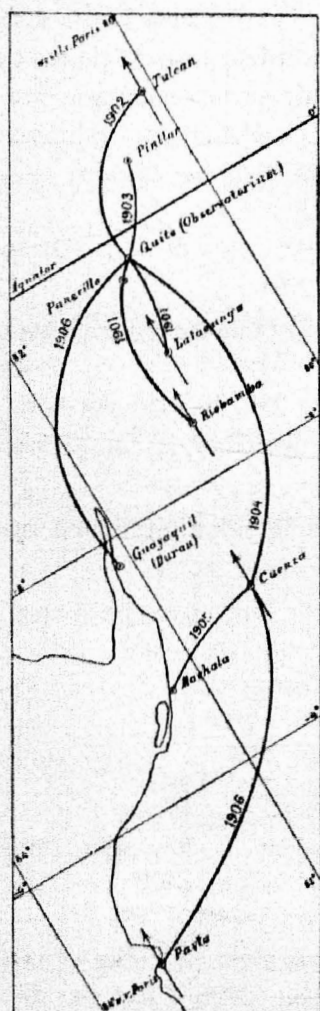


Fig. 10.

Die persönliche Gleichung zwischen den beiden bei einer Längenbestimmung zusammenwirkenden Beobachtern wurde direkt auf bekannte Weise ermittelt, u. zw. meistens bei der Installation der betreffenden astronomischen Station. Ausnahme bilden nur die Bestimmungen der persönlichen Gleichung zwischen Fonlongue und Noirel, zwischen Noirel und Perrier, welche im März, beziehentlich April—Mai im Jahre 1907 in Montsouris ermittelt worden sind.

Die auf den Stationen nötigen Zeitbestimmungen wurden aus Meridiandurchgängen bekannter Sterne mit Hilfe der Instrumente, wie selbe zur Bestimmung der geographischen Breite aus Meridian-Zenithdistanzen von Sternen angewendet worden sind, ausgeführt.

Die Azimutmessung.

Das Azimut wurde auf sechs Punkten des Dreiecksnetzes gemessen, u. zw. in Tulcan, Pinllar, Panecillo, Riobamba, Cuenca und Payta; es sind dies sechs von den 10 Stationen, welche durch Längenbestimmungen verbunden worden sind. Siehe Fig. 10, in welcher dieselben durch die Pfeilrichtung nach Norden angezeigt erscheinen.

Die Azimutmessungen wurden demgemäß auf diesen Stationen zur Zeit der Längenbestimmungen, und zwar nach einer Methode ausgeführt, welche durch die in diesen Stationen ohnehin aufgestellten Meridiankreise gerechtfertigt erscheint.

In einer entsprechenden, durch die örtlichen Verhältnisse bedingten Entfernung von der Station wurde eine Mire so nahe als möglich in der Meridiane ebene aufgestellt. Die Azimutmessung der Richtung nach einem zweiten Dreieckspunkte geschah nur in der Weise, daß man 1. das Azimut der Mire bestimmt und 2. daß man dann den Horizontalwinkel zwischen der Mire und dem Dreieckspunkte gemessen hat.

Das Azimut der Mire setzt sich aber zusammen aus dem Azimute des Instrumentes und aus dem Horizontalwinkel zwischen dem Mittelfaden des Instrumentes und der Mire.

Das Azimut des Instrumentes ergibt sich bei der Ausführung der Zeitbestimmung aus den Meridiandurchgängen bekannter Sterne und der Horizontalwinkel zwischen dem Mittelfaden des Instrumentes und der Mire durch Messung mit dem am Okularende angebrachten Schraubenmikrometer.

Der Horizontalwinkel zwischen der Mire und dem Dreieckspunkte wurde mit dem Azimutalkreise gemessen; selbstredend wurden alle diese Bestimmungen, um den entsprechenden Grad der Genauigkeit zu erzielen, wiederholt vorgenommen.

Schweremessungen.

Es wurden auf sechs Stationen relative Schweremessungen mittelst des für diese Zwecke von Defforges*) erdachten Pendelapparates, mit welchem in den Jahren 1902, 1905 und 1907 auch in Paris beobachtet worden ist, ausgeführt.

Die Installation des Pendels war in den höher gelegenen Stationen wegen Mangels des nötigen Materiales für den Keller- und Pfeilerbau und der Arbeiter recht schwierig, wozu noch für jene Stationen, welche mit dem Observatorium von Quito nicht in telegraphischer Verbindung standen, die Zeitbestimmungen ausgeführt werden mußten, welche aber wegen der schlechten Witterungsverhältnisse die Operationen ungebührlich lang ausdehnten.

Die sechs Stationen sind derart gewählt worden, daß man den Verlauf der Schwere vom stillen Ozeane über die Cordilleren bis zum östlichen Abhange derselben verfolgen kann und demgemäß eine Idee über den Einfluß der beträchtlichen Massen der beiden Cordilleren auf die Form des Geoids in dieser Region erhalten wird. Eine Vermehrung der Pendelstationen war unter den bestehenden Verhältnissen nicht möglich, so wünschenswert es auch gewesen wäre.

Die sechs Stationen, von West nach Ost aufgezählt, sind:

1. Machala, am stillen Ozeane. Breite: $-3^{\circ} 16'$; Höhe 2 *m*. Beobachter Noirel, Juni 1905.

2. Bucay, am Fuße des westlichen Abhanges der westlichen Cordilleren. Breite: $-2^{\circ} 13'$; Höhe 325 *m*. Beobachter Noirel, Juli–August 1905.

3. Totorillas (Chimborazo) etwas östlich vom westlichen Kamme der westlichen Cordilleren. Breite: $-1^{\circ} 30'$; Höhe 3685 *m*. Beobachter Noirel, Dezember 1905.

4. Loma de Quito (Riobamba) in der Mitte des Plateaus zwischen beiden Cordilleren. Breite: $-1^{\circ} 40'$; Höhe 2782 *m*. Beobachter Bourgeois, November 1901.

5. Observatorium von Quito in der Mitte des Plateaus zwischen den beiden Cordilleren. Breite: $-0^{\circ} 14'$; Höhe 2325 *m*. Beobachter Noirel, Februar 1906.

6. Bannos am östlichen Fuße des Abhanges der östlichen Cordilleren gegen die Ebene des Amazonenstromes. Breite: $-1^{\circ} 27'$; Höhe 1843 *m*. Beobachter Noirel, Dezember 1905.

Zu bemerken kommt, daß nur in den beiden Stationen Machala und Totorillas spezielle Zeitbestimmungen ausgeführt werden mußten; in Loma de Quito konnten die gleichzeitig daselbst für Längenbestimmungen ausgeführten Beobachtungen zur Bestimmung der Zeit benützt werden; in Bucay und Bannos wurde die Zeit von Quito telegraphisch übertragen.

Die Reduktion der Messungsergebnisse ist noch nicht endgiltig durchgeführt; sie lassen aber, wie Perrier mitteilt, einen bedeutenden Verlust der Schwere gegenüber der nach der neuesten Formel von Helmert**) gerechneten theoretischen Schwere erkennen.

*) Defforges. Observations du pendule. Mémorial du dépôt de la guerre. Tome XV. 1855.

**) F. R. Helmert. B. ü. d. 13. a. C. d. i. Erdmessung. Annex IX; pag. 139 u. s. f.

Magnetische Beobachtungen.

Die magnetische Deklination, die horizontale Komponente und die magnetische Inklination wurden auf 48 längs der ganzen Dreieckskette verteilten Stationen, von denen nur eine, nämlich Ambato, nicht dem Dreiecksnetze angehört, beobachtet, wozu zwei der Mission gehörige magnetische Apparate zur Verfügung standen, deren Konstanten vor der Abreise nach Amerika 1901 in dem Observatorium von Saint Maur und nach der Rückkehr 1907 in dem neuen magnetischen Observatorium zu Val-Joyeux bestimmt worden sind.

In dem Gebiete von Payta bis Tulcan ist für das Zeitintervall von Juni 1901 bis Juni 1906 die magnetische Deklination östlich, und zwar ungefähr 5° bis 8° ; die horizontale Komponente hat ungefähr den Wert 0.33 und der Wert der positiven Inklination variiert von Nord nach Süd von 20° bis 9° .

Die Dreieckspunkte, auf denen magnetische Beobachtungen ausgeführt wurden, sind auf Tafel I durch Unterstreichung ihres Namens kenntlich gemacht.

Die Felsen der Cordilleren haben sich häufig als magnetisch erwiesen.

Anderweitige Forschungen.

Dr. P. Rivet, der Leiter des Sanitätsdienstes der Mission, hat sich auch teilweise an den geodätischen Operationen beteiligt; besonders verdienstlich sind die von ihm unternommenen naturwissenschaftlichen Studien, welche das größte Interesse für Zoologie, Botanik, für Anthropologie und Ethnographie bieten.

Die Ergebnisse seiner Studien hat derselbe in mehrfachen wissenschaftlichen Arbeiten niedergelegt und die von ihm angelegten und dem Museum in Paris bereits einverleibten Sammlungen bezeugen die besondere Tätigkeit dieses Mannes.

Kosten der Gradmessung.

Die Kosten dieses wissenschaftlichen Unternehmens belaufen sich ohne den Sold des Personales auf 868.250 Fr., wovon 685.000 Fr. auf Frankreich, 83.250 Fr. auf Ecuador entfallen und 100.000 Fr. vom Prinzen Roland Bonaparte gespendet wurden. Diese Summe setzt sich aus folgenden Posten zusammen:

Budget 1899 für die Rekognoszierung	20.000 Fr.	} 685.000 Fr.
Budget für die Jahre 1900—1904 mit je 100.000 Fr.	500.000 »	
Budget 1905	120.000 »	
Budget 1906	45.000 »	
Widmung von dem Prinzen Rolond Bonaparte	100.000 »	
Beitrag der Regierung von Ecuador	83.250 »	

Schlussbemerkungen.

Wie aus den die «Ausführung der Gradmessungsarbeiten in Ecuador» betreffenden Mitteilungen über die einzelnen Teile dieser Arbeiten erkannt werden kann, ist das von der Kommission aufgestellte Programm für die Lösung dieses wissenschaftlichen Unternehmens mit geringen Abweichungen auch eingehalten worden. Die Änderungen in dem Programme sind an den betreffenden Stellen genügend erörtert worden.

Die für die Ausführung der Gradmessungsarbeiten in Ecuador in Aussicht genommene Zeit, d. i. die Dauer von fünf Jahren (1900 bis 1904) ist aber, wie vorausszusehen war, überschritten worden; die Arbeiten fanden erst Juni 1906 ihren Abschluß. Das Nichteinhalten der Ausführung der für die einzelnen Jahre programmäßig aufgestellten Arbeiten kann aber, wie der von Poincaré am 10. April 1905 erstattete Kommissionsbericht hervorhebt, nach genauer Prüfung der Sachlage keineswegs den Offizieren zur Last gelegt werden. Die ungünstigen klimatischen Verhältnisse haben die Arbeiten selbst und auch den Gesundheitszustand der Offiziere in unberechenbarer Weise beeinflußt.

Infolge des Nichteinhaltens des für dieses wissenschaftliche Unternehmen festgestellten Termines und der nur für diese Zeit bewilligten Kredite hatten sich Schwierigkeiten ergeben, welche die Vollendung dieses Werkes ernstlich in Frage gestellt haben. Ohne Bewilligung weiterer Kredite hätte die Dreieckskette im Süden in der Nähe der Dreiecksseite Guachanama Colambo und somit auch der Meridianbogen den Abschluß finden müssen, was eine Verkürzung desselben um 1° nach sich gezogen hätte; weiters hätte auf die Ausführung der so notwendigen Pendelmessungen und auf den Anschluß mit Machala verzichtet werden müssen.

Gegen diese Einschränkung des Unternehmens infolge der erschöpften Kredite hat jedoch die Kommission in entschiedenster Weise Stellung genommen. In dieser Zwangslage fand sich der hochherzige Gönner der Wissenschaft, Prinz Roland Bonaparte, welcher diesem Unternehmen den Betrag von 100.000 Fr. unter der Bedingung zur Verfügung stellte, daß das Werk auch zu Ende geführt werde. Der noch fehlende Restbetrag wurde vom Parlamente erbeten und auch bewilligt; die Gradmessung von Ecuador konnte somit, dem aufgestellten Programme gemäß, zu Ende geführt werden.

Die Grundlagen für die Ableitung der wissenschaftlichen Ergebnisse waren durch das vorliegende, reichhaltige Beobachtungsmaterial gegeben. Die von der Regierung für die Veröffentlichung der Beobachtungen und der Resultate beanspruchte Summe von 100.000 Fr. wurde am 1. Jänner 1909 der Mission zur Verfügung gestellt, und wie Herr Bourgeois mir in gewohnter Güte mitteilte, steht die Veröffentlichung von zwei Bänden noch im Jahre 1909 bevor, während der abschließende Teil in drei bis vier Jahren zu erwarten sein wird.

Erst dann wird der wissenschaftliche Wert dieses mit so vielen Mühen und Entbehrungen für die Beobachter verbundenen wissenschaftlichen Unternehmens recht gewürdigt werden können.

Dem Leiter der Mission, Herrn Bourgeois, danke ich für die mir durch verschiedene Mitteilungen gezeigte Liebenswürdigkeit auf das verbindlichste.

Kleine Mitteilungen.

Die astronomische Beobachtungsstation auf dem Sonnwendstein. Wie erinnerlich, hat die internationale Assoziation der Wissenschaften, welche seinerzeit ihre Generalversammlung in Wien abhielt, einstimmig erklärt, daß die glückliche Lage Wiens in der unmittel-