

I. Allgemeines.

§ 1.

Im April 1836 überreichten die Akademiker Parrot, Lenz und Struve der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften einen Vorschlag zur Ausführung einer genauen geodätischen Bestimmung des Höhenunterschiedes des Schwarzen und Caspischen Meeres. Der in Erwägung gezogene und gutgehiessene Plan ward von der Akademie zur Kenntniss des Präsidenten und Ministers des öffentlichen Unterrichts, Hrn. von Ouvaroff gebracht, und erhielt auf dessen Verwendung, nach Beistimmung des damaligen Finanzministers Grafen Cancrin, die Allerhöchste Bestätigung Sr. Majestät des Kaisers, nebst Bewilligung einer Summe von 14236 Silber-Rubeln aus dem Reichsschatze zur Bestreitung der Kosten.

Die Akademie ernannte hierauf eine aus den Herren Collins, Parrot, Ostrogradsky, Lenz und mir zusammengesetzte Commission um den Plan genauer durchzuarbeiten.

Die Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen zwei entfernten Punkten kann auf geodätischem Wege, im Gegensatz zum barometrischen genommen, entweder nach der *geometrischen* oder nach der *trigonometrischen* Methode ausgeführt werden. Bei der ersten, dem gewöhnlichen Nivellement, werden nach einander die Höhenunterschiede der einzelnen horizontalen Gesichtslinien durch unmittelbare Ausmessung an senkrechten Maasstäben ermittelt. Bei der trigonometrischen werden die einzelnen Höhenunterschiede der auf einander folgenden Standörter aus deren Entfernungen und den beobachteten Zenithdistanzen abgeleitet.

Die Commission entschied für die Anwendung der zweiten, wissenschaftlicheren Methode, der trigonometrischen, weil sie, wenn gut angeordnet, sehr scharfe Prüfungen der Resultate darbieten musste, vorzüglich aber weil sie Mittel gewährte mit der Höhenbestimmung eine geodätische Aufnahme der ganzen Operationslinie zu verbinden, und so durch Hinzuziehung der erforderlichen astronomischen Beobachtungen genaue Grundlagen der Geographie jener Gegenden zu liefern versprach, die sich bis auf die

Ortsbestimmung einzelner sichtbarer Hauptpunkte des Hochgebirges erstrecken konnten, abgesehen von der Ermittlung der Höhen dieser Gipfel über der Meeresfläche. Die trigonometrische Aufnahme musste, dem Hauptzwecke der Arbeit gemäss, nach einer eigenthümlichen Methode ausgeführt werden. Vielfache Erfahrungen hatten gelehrt, dass in einem Flachlande, wie das worüber die Operationslinie gehen sollte, die irdische Strahlenbrechung, nach verschiedenen Richtungen von einem Standpunkte aus, sich sehr regelmässig ändert, und dass daher von einem mittleren Standpunkte aus der Höhenunterschied zweier nahezu gleich entfernter Gegenstände sich fast unabhängig von der Strahlenbrechung, aus den nach beiden Seiten gleichzeitig beobachteten Höhenwinkeln, ergibt. Wir konnten daher auf mehrfache unabhängige Bestimmungen der partiellen Höhenunterschiede, so wie des Endresultats rechnen, wenn von mehreren Beobachtern zugleich auf verschiedenen Standpunkten gemessen wurde, indem jeder Punkt als der mittlere zwischen zwei andern und als ein correspondirender zu den beiden nächsten angesehen werden durfte.

Eine zunächst zu entscheidende Frage war die, ob ein zusammenhängendes Dreiecksnetz, in dem jeder neue Punkt durch die Richtungen von den beiden vorhergehenden bestimmt wird, ausgeführt werden sollte. Für dieses Netz wären dann zwei Grundlinien, eine am Anfang, eine gegen das Ende zu messen gewesen. Die Commission war gegen diese Anordnung, weil sie theils Mangel an geeigneten Standpunkten, und Schwierigkeiten bei der Errichtung einer Menge bleibender grösserer Signale fürchtete, theils einen Zeitverlust voraussah bei der Messung so vieler Horizontalwinkel auf Punkten, die sich über eine breite Fläche ausdehnten; endlich vorzüglich weil es schien, dass die Bedingung der Sichtbarkeit eines jeden Punktes von den zwei nächstvorhergehenden hindernd werden würde gegen eine Auswahl von möglichst gleichweit entfernten Standpunkten, zwischen welchen die Höhenbestimmung die vortheilhafteste ist. Statt der gewöhnlichen Dreiecksmessung wurde daher ein Verfahren gewählt, das sich folgendermaassen darstellt.

Man denke sich die zu vermessende Linie abgetheilt, so genau es die Umstände erlauben, in gleiche Strecken von etwa 7 Werst Länge, durch eine fortlaufende Reihe von Haupt-Signalpunkten P, P^1, P^2, \dots . Zwischen je zwei zunächst gelegenen Signalen P^n und P^{n+1} , Fig. 5, wird nahezu auf der Mitte eine kleine gegen dieselben symmetrisch gelegene Basis $A^n B^n$ gemessen. Aus ihr finden sich, durch die in den Punkten A^n, B^n, P^n und P^{n+1} gemessenen Horizontalwinkel, die Seiten des zwischen P^n und P^{n+1} belegenen Vierecks, so wie dessen grosse Diagonale. Wird ebenso zwischen P^{n+1} und P^{n+2} verfahren, mit Messung einer neuen Grundlinie $A^{n+1} B^{n+1}$, so bieten die beiden Diagonalen $P^n P^{n+1}$ und $P^{n+1} P^{n+2}$ eine geodätische Verbindung dar, so wie der in P^{n+1} gemessene Winkel zwischen P^n und P^{n+2} hinzukommt. Man ersieht, dass auf diese Weise eine Folge von Linien $P^1 P^2, P^2 P^3$ u. s. w. erhalten wird, die in vollständiger Verbindung stehen und für die Ableitung jedes geodätischen Resultats geeignet sind, so wie an irgend einem der Punkte P^n (oder an mehreren) die Polhöhe desselben und das Azimuth der Linie $P^n P^{n+1}$ bestimmt sind.

Nehmen wir nun an dass für die Höhenbestimmungen drei Beobachter gleichzeitig in B^{n+1}, P^{n+1} und B^n die Zenithdistanzen der zunächst gelegenen Punkte messen, und zwar so dass

der vorangehende Beobachter I, am Basispunkte B^{n+1} , die der Objecte P^{n+1} und P^{n+2} ,
 « mittlere « II, am Hauptsignal P^{n+1} , « « « P^n, B^n, B^{n+1} und P^{n+2} ,
 « nachfolgende « III, am Basispunkte B^n , « « « P^n und P^{n+1}
 erhält: so ergeben sich hieraus folgende vier unabhängige Höhenbestimmungen von einer mittleren Station aus:

- durch den Beobachter I, zwischen den Hauptsignalen P^{n+1} und P^{n+2} ,
- « « « II, zwischen den Hauptsignalen P^n und P^{n+2} ,
 und zwischen den Basispunkten B^n und B^{n+1} ,
- « « « III, zwischen den Hauptsignalen P^n und P^{n+1} .

Ausserdem aber lassen sich auch die gleichzeitigen reciproken Zenithdistanzen zur Bestimmung
 erstens des Höhenunterschiedes zwischen B^n und P^{n+1} ,
 zweitens « « « P^{n+1} und B^{n+1} ,
 folglich zur Ermittlung des Höhenunterschiedes zweier auf einander folgender Basispunkte B^n, B^{n+1}
 verbinden.

Rücken nun die Beobachter gemeinschaftlich, von einem Tage zum andern, um eine Entfernung der Hauptsignale vor, so dass sie sich das nächste Mal gleichzeitig

$$I \text{ in } B^{n+2}, \quad II \text{ in } P^{n+2}, \quad III \text{ in } B^{n+1}$$

befinden; so wird durch dies Verfahren eine ähnliche neue Gruppe von Höhenunterschieden erhalten. Wenn dieses Verfahren demnach auf der ganzen Operationslinie regelmässig fortgesetzt wird, so ist leicht einzusehen, dass es zu fünf unter einander unabhängigen Reihen von Höhenbestimmungen, von mittleren Stationen aus gemessen, führt, deren jede zur Kenntniss des Höhenunterschiedes der beiden Endpunkte der Operationslinie leitet. Diese Reihen sind nämlich:

- 1) die Reihe (F) der Höhenbestimmungen des Beobachters I (Fuss), von allen Basispunkten B aus zwischen allen Hauptsignalen P ,
- 2) die Reihe (S) derselben Höhenbestimmungen, wie in 1), aber durch die Messungen des Beobachters III (Sawitsch) erhalten, der in der Regel an jeden gewählten Basispunkt*) um einen Tag später als der Beobachter I kommt;
- 3) die Reihe (Σ') der Höhenbestimmungen des Beobachters II (Sabler), von allen Hauptsignalen P aus zwischen allen aufeinanderfolgenden Basispunkten B ;
- 4) Die Reihe (Σ'') der Höhenbestimmungen des Beobachters II, von den graden Hauptsignalen aus beobachtet zwischen den ungraden Hauptsignalen; also von P^2 aus zwischen P^1 und P^3 ; von P^4 aus zwischen P^3 und P^5 u. s. w. bis zum letzten ungraden Hauptsignale;

*) Von den beiden Basispunkten A und B ward nämlich jedes Mal der der Oertlichkeit nach geeignetste gewählt, der bald A , bald B sein wird, so dass also die Beobachtung der Zenithdistanzen immer nur von einem Basispunkte aus geschah, aber von beiden Beobachtern von demselben aus. Der Kürze halber werde ich im Text den gewählten Basispunkt immer B-punkt nennen, wie er es auch in der Regel war, obgleich einige Mal auch von einem A-punkt aus beobachtet wurde. Ich bemerke hierbei dass in Fig. 5. ein kleiner Fehler der Bezeichnung vorkommt und dass A^n und B^n umzusetzen sind. In den Tagebüchern ist nämlich ohne Ausnahme, von P^n aus gesehen, der rechts vorausliegende Basispunkt B^n , der links liegende A^n

5) die Reihe (Σ''') der Höhenbestimmungen des Beobachters II, von den ungraden Hauptsignalen aus beobachtet zwischen den graden Hauptsignalen; also von P^5 aus zwischen P^2 und P^4 ; von P^5 aus zwischen P^4 und P^6 u. s. w. bis zum letzten graden Hauptsignale.

Man ersieht dass, wenn die Anzahl der Hauptsignale eine ungrade ist, die Reihe 4) die Verbindung der Endpunkte vollständig ausführt, dass aber, wenn die Anzahl eine grade ist, für diese Reihe der Höhenunterschied der beiden letzten Signale besonders als Ergänzung ermittelt werden muss. Ähnliche Ergänzungen an den Enden erheischen die Reihen 5) und 3). Die Reihen 1) und 2) bedürfen ihrer nicht.

Zieht man es aber vor die Höhenbestimmungen auf reciproken Zenithdistanzen zu begründen, so bietet das ganze Material zwei Reihen von reciproken Verbindungen dar:

- 1) durch die gleichzeitigen gegenseitigen Zenithdistanzen in den B^n , P^n und B^{n+1} der drei Beobachter;
- 2) durch die vom Beobachter II gemessenen Zenithdistanzen der P , die aber für jeden einzelnen Höhenunterschied $P^{n+1} - P^n$ an zwei verschiedenen Tagen in P^n und P^{n+1} beobachtet sind.

Es ergibt sich hieraus, dass ein auf diese Weise erhaltenes Material die vorliegende Aufgabe der Höhenbestimmung der Endpunkte sehr vollständig auflöst, und durch alle Theilwerthe hindurch bis zu den mehrfachen Endergebnissen fortlaufende Prüfungen darbietet.

Da für jeden Abstand zweier nächster Hauptsignale P^n , P^{n+1} eine besondere Grundlinie, also im ganzen vielleicht über 100 verschiedene Grundlinien zu messen waren, so durften diese nur verhältnissmässig klein sein und ihre Messung musste, ohne die Genauigkeit zu beeinträchtigen, in kurzer Zeit ausgeführt werden können. Eine für diesen Zweck geeignete Methode der Linienmessung auf dem Felde war von mir seit Jahren bei mehrfachen Gelegenheiten in Anwendung gebracht, und so fand die Commission, dass in einer, beim raschen Fortschreiten der Arbeit, fast täglich zu messenden Grundlinie, von ohngefähr 200 Saschen oder 1400 Fuss Länge, kein Hinderniss vorhanden war, wie es der Erfolg auch bestätigt hat. Von der Grundlinie aus wurde angenommen dass die benachbarten Hauptsignale P etwa $3\frac{1}{2}$ Werst oder 12000 Fuss abstehen sollten. Hierbei ergibt sich, dass die Grundlinie von den beiden nächsten P aus nahezu unter einem Winkel von $6^\circ 40'$ oder $24000''$ erscheint. Wenn also der Winkel in P , zwischen den Endpunkten der Grundlinie, mit dem wahrscheinlichen Fehler einer Secunde gemessen wird, so ist die Unsicherheit in der Entfernung des Hauptpunkts von der Grundlinie nahezu 0,5 Fuss, und hieraus der w. F. einer Distanz $P^n P^{n+1}$ gleich $0,5 \cdot \sqrt{2} = 0,71$ Fuss oder $8\frac{1}{2}$ Zoll, insoweit er von den Winkelmessungen an beiden P abhängt. Es ergibt sich ferner, dass bei 100 zu messenden Grundlinien, und bei Annahme eines w. F. von m'' in den Winkeln bei P , für die Ausdehnung der ganzen Operationslinie, vom ersten bis zum letzten Signale, eine Unsicherheit von $0,71 m \cdot \sqrt{100} = 7,1$ Fuss zu fürchten sein wird, oder von 7,1 Fuss, auf eine Linie von 700 Werst, wenn es gelingt die Winkel P mit der Genauigkeit einer Secunde zu messen. Durch Anwendung eines grossen Ertelschen Universalinstruments, wie es bei der russischen Gradmessung gebraucht worden war, hofften wir die erforderliche Sicherheit in der Messung der spitzen Winkel P erreicht zu sehen. Dass auf jeden Fall aus der Kleinheit der Grundlinien keine Beeinträchtigung der Höhenbestimmung zu befürchten war, ergab sich durch folgende einfache Betrachtung. Nehmen wir an, dass im Mittel der Höhenunterschied zweier

benachbarter Signale *P*, die 24000 Fuss von einander entfernt sind, etwa 100 Fuss beträgt, so ergibt sich dass eine Unsicherheit von selbst 2 Fuss in der Entfernung, einen Einfluss von nur 0,1 Zoll auf den Höhenunterschied ausübt, und dass also, bei 100 solchen Gliedern, der Gesamteinfluss auf den Höhenunterschied der Endpunkte nur 1 Zoll beträgt. Durch ähnliche Betrachtungen überzeugt man sich, dass sowohl die zufälligen Fehler der Grundlinien selbst, so wie die kleine Unsicherheit des Grundmaasses, für die Höhenbestimmungen als ganz verschwindend angesehen werden können. Ein anderes ist es mit diesen letzten Fehlerquellen in Bezug auf die Werthe der horizontalen Entfernungen der nächsten Signalpunkte und deren Summen. Hier waren Fehleranhäufungen anzunehmen, aber doch nur solche dass sie die Benutzung der geodätischen Entfernungen für die Zwecke der relativen Ortsbestimmung auf keine erhebliche Weise beeinträchtigen konnten.

§ 2.

Nachdem die Commission sich über diese Hauptgrundlagen der Arbeit geeinigt und zur Ausführung derselben die Herren G. v. Fuss, A. Sawitsch und G. Sabler*) gewählt hatte, übertrag sie mir die Ausarbeitung der Instruction für die Reisenden, die Leitung der ganzen Unternehmung in ihren Einzelheiten bis zur Vollendung, so wie die späterhin erforderliche Leitung der Bearbeitung und der Veröffentlichung des Materials und der daraus zu ziehenden Ergebnisse.

Ehe ich indessen an die Ausarbeitung der Instruction ging, hielt ich es für nothwendig meine gelehrten Freunde durch eine Probearbeit von geeigneter Ausdehnung mit den Einzelheiten einer solchen Operation praktisch aufs genaueste bekannt zu machen. Sawitsch und Sabler waren damals in Dorpat, mit wissenschaftlichen Studien und Arbeiten auf der Sternwarte beschäftigt, Fuss kam aus Petersburg zu uns. Hiedurch sahen wir uns im Stande alles gemeinschaftlich zu berathen, die Instrumente zu prüfen und für die bestimmten Zwecke aufs bequemste einzurichten, alle Hilfsmittel, die mitgenommen werden mussten, zu bereiten, und endlich in der Umgegend von Dorpat die Probearbeit auszuführen, in allen ihren Theilen, der Messung der Grundlinie und der beiderlei Winkel, und mit Anwendung derjenigen Apparate, die auf der Expedition selbst gebraucht werden sollten. Die berechneten Beobachtungen bewiesen hier die Zweckmässigkeit der Operation, und namentlich die grosse Sicherheit der vorzugsweise erzielten Höhenbestimmungen. Auf diese Vorbereitungen ward der Monat Junius 1836 verwandt.

Ich halte es nicht für nöthig hier die Instruction selbst mitzutheilen, da sie nach geringen Abänderungen, deren Zweckmässigkeit die ersten Erfahrungen zu erkennen gaben, die Richtschnur der ganzen Arbeit blieb, und daher auch die Grundlage bildet, auf welcher Sabler die Einleitung des Werkes, Seite 1 bis 17, bearbeitet hat. Diese Einleitung giebt die Einzelheiten der Ausrüstung der Expedition und eine geeignete geschichtliche Uebersicht des Verlaufs derselben, sowie eine Beschreibung des angewandten Beobachtungsverfahrens.

*) Diese drei Gelehrten sind jetzt in ehrenvollen wissenschaftlichen Aemtern. Herr G. von Fuss, früher Astronom in Pulkowa, ist seit kurzem Director der unter der Akademie der Wissenschaften stehenden Sternwarte in Wilna. Herr Sawitsch ist ordentlicher Professor der Astronomie an der Universität in Petersburg, und Herr Sabler Astronom der Hauptsternwarte.

§ 3.

Aus der erwähnten Einleitung ersehen wir, dass die vorbereitenden Arbeiten am Ausrüstungspunkte Nowo-Tscherkask, die astronomischen Beobachtungen zur Ortsbestimmung desselben, und die chronometrische Verbindung dieses Ortes mit dem Dorfe Kagalnik am Asowschen Meere, endlich die Reisen zur Aufstellung der Standbarometer fast zwei Monate in Anspruch nahmen. Unsere Reisenden begannen die eigentliche Feldarbeit am $\frac{20. \text{ October}}{1. \text{ November}}$ 1836, bei Kagalnik. Der eintretende Winter brach sie nach 28 Tagen am $\frac{17.}{29.}$ November ab. Sie wurde am $\frac{23. \text{ März}}{6. \text{ April}}$ wieder aufgenommen, und dann bis zum $\frac{2.}{14.}$ Juli fortgesetzt. Nach einer Unterbrechung bis zum $\frac{29. \text{ Juli}}{10. \text{ August}}$, ward die Arbeit darauf ohne Aufenthalt fortgeführt und am $\frac{19.}{31.}$ October geschlossen. Die Arbeit im Felde hatte also 209 Tage erfordert, in welcher Zeit eine Operationslinie von 823,6 Werst = 118 geographische Meilen geodätisch aufgenommen und nivellirt wurde. Auf dieser Linie waren 124 Hauptsignale P^1 bis P^{124} errichtet, die 123 Intervalle oder Seiten eines ungeschlossenen Vielecks bildeten, zu deren Bestimmung 122 verschiedene kleine Grundlinien gemessen wurden. Die Summe dieser Vielecksseiten giebt die obige Länge der ganzen Linie.

Da die 123 Intervalle in 209 Tagen durchgearbeitet wurden, so kommt auf jedes Intervall, für dessen vollständige Bearbeitung, im Mittel ein Zeitaufwand von 1,70 Tagen, oder es wurden nahezu in 5 Tagen 3 Intervalle fertig. In der Regel aber wurde jedes Intervall, d. h. die Ausführung der zusammengehörigen, Seite 12 und 13 der Einleitung beschriebenen Messungen, im Laufe eines Tages zu Stande gebracht, und wir haben 86 Tage auf Rechnung des beständigen Umzugs, der Störungen durch ungünstige Witterung und der hie und da erforderlichen besondern Vorkehrungen zu setzen.

Auf der unserm Werke beigefügten Charte ist die ganze Operationslinie zwischen Kagalnik am Asowschen Meere und Tschernoi-Rynok am Caspischen verzeichnet, und zwar so dass sie nach den durch die Arbeit selbst gewonnenen Ortsbestimmungen eingetragen wurde, wobei das übrige Detail aus den neuesten vom Chartendepot des Kaiserlichen Generalstabes veröffentlichten Arbeiten entnommen wurde. In der Charte sind die einzelnen Hauptsignale P^1 bis P^{124} durch kleine Kreise auf der Operationslinie bezeichnet, wobei in der Regel jedes fünfte P beigeschrieben worden. Die Messung ging von Kagalnik aus bis zum Signal P^{79} , südlich von Georgiewsk, nahezu in südöstlicher Richtung, in einer Länge von 524 Werst; dann nahm sie von P^{79} bis P^{113} bei Kisljar, auf eine Länge von 213 Werst, nahezu eine östliche Richtung; wandte sich aber nun unter einem spitzen Winkel nach Nordwest, und schloss nach einem Bogen von 86 Werst bei P^{124} . Die kürzeste Entfernung zwischen Kagalnik und P^{124} bei Tschernoi-Rynok ist genau 600 Werst, die Operationslinie machte also einen Umweg von 223 Werst. Seite 6 und 7 der Einleitung sind die triftigen Gründe gegeben, weswegen die angeführte 823 Werst lange Linie gewählt wurde und nicht der kürzeste Weg zwischen beiden Meeren, der auf einer Linie von Kagalnik längs dem Manytsch-Flusse bis zum Dorfe Beloserskaja, am Postwege von Kisljar nach Astrachan, nördlich vom Ausflusse der Kuma, nur 565 Werst beträgt. Wir verdanken dieser Wahl zwei wichtige Gewinne. Der erste ist die genaue Bestimmung der Höhen und der Lage der 3 höchsten Kuppen des Caucasus und des Beschtau. Auf der Charte sind die Hauptgesichtslinien nach den 4 Bergspitzen angege-

ben, aber nicht alle, wie man aus Seite 45 und 46 sieht. Auch erlaubte die Kleinheit des Maasstabes nicht die Seite 45 angegebene Hilfsoperation, zwischen den Nebenpunkten C, D, Q , dem Hauptpunkte P^{70} und dem Beschtau, in die Charte einzutragen. Der zweite wichtigere Gewinn war die genaue Ortsbestimmung von 28 auf der Operationslinie liegenden Punkten, die sich aus der Verbindung der astronomischen Beobachtungen mit der trigonometrischen Messung ergab. Diese Punkte, unter denen sich die zwischen beiden Meeren befindlichen Hauptörter Ciscauciens befinden, werden von nun an eine sichere Grundlage für jede weitere geographische Bearbeitung jener Gegend abgeben.

§ 4.

Abschriften der Tagebücher und briefliche Berichte wurden von den 3 Beobachtern durch die Post nach Dorpat gesandt. Diese setzten mich in den Stand der Akademie über den Fortgang der Arbeit am $\frac{7.}{19.}$ April und $\frac{13.}{25.}$ October 1837 zu berichten. Bald nachher am $\frac{24. \text{ November}}{6. \text{ December}}$ konnte ich derselben die Vollendung der Arbeit anzeigen, so wie das Resultat dass die Oberfläche des Caspischen Meeres ungefähr 100 englische Fuss tiefer als die des Schwarzen liege. Diese Zahl war aus einer vorläufigen Berechnung der in den P^n beobachteten Zenithdistanzen der Basis-Signale B^{n-1} und B^n abgeleitet worden, welche 123 aufeinander folgende Höhenunterschiede zwischen je 2 um etwa 7 Werst von einander entfernten Punkten gaben. Es konnte aber diese Zahl noch auf keine grosse Sicherheit Anspruch machen, obgleich sie hinreichend genau war um die Senkung des Caspischen Meeres unter der Oberfläche des Oceans ausser Zweifel zu setzen.

Als unsere drei Reisenden gegen Ende Februars 1838 wieder in Dorpat vereinigt waren, begannen sie die Bearbeitung des ganzen Materials. Nachdem die Herren Fuss und Sawitsch die horizontalen Entfernungen der Signal- und Basispunkte, durch zwiefache unabhängige Berechnung festgesetzt hatten, war der Weg zur genauen Ermittlung des Höhenunterschiedes beider Meere gebahnt. Sawitsch und Sabler unternahmen diese sofort, und veröffentlichten, mit Zustimmung der Akademie, im Jahre 1839 ihre Resultate in zwei Abhandlungen, welche sie bei der Universität Dorpat zur Erlangung der Doctorwürde einreichten. Diese beiden Schriften haben folgende Titel:

A. Sawitsch, *über die Höhe des Caspischen Meeres und der Hauptspitzen des Caucasischen Gebirges.* Dorpat, 1839.

G. Sabler, *Beobachtungen über die irdische Strahlenbrechung und die Gesetze der Veränderung derselben.* Dorpat, 1839.

Herr Sawitsch giebt in seiner Schrift Seite 22, nach seinen Beobachtungen die Höhe des Asowschen Meeres über dem Caspischen zu 80,3 engl. Fuss, mit einem wahrscheinlichen Fehler von 3,5 Fuss. Herr Sabler findet, Seite 33 seiner Abhandlung, denselben Höhenunterschied nach seinen Beobachtungen gleich 82,8 Fuss \mp 2,0. Aus beiden verbunden folgt 82,2 Fuss, ein Resultat das der Wahrscheinlichkeit nach innerhalb 2 Fuss sicher erschien, und sich auch von dem von Sabler in unserem Werke, Seite 371, gegebenen Werthe nur 1,47 Fuss entfernt, und nur 3,3 Fuss von dem Endergebniss, welches eine strengere Bearbeitung des ganzen Materials in § 39 dieses Berichts uns kennen lehren wird. Die

erste Schrift gab überdiess, wie der Titel schon anzeigt, die von Sawitsch berechneten Höhen der Caucasischen Gebirgsspitzen, und in der andern finden wir Sablers treffliche Untersuchungen über den Gang der irdischen Strahlenbrechung. Beide Schriften mussten von mir als wichtige Vorarbeiten für die vollständige Beschreibung der Expedition angesehen werden.

Die Herausgabe dieser Beschreibung ist aber erst jetzt möglich geworden, indem dringende Umstände eine unerwartet lange Verzögerung veranlassten. Im Frühjahre 1839 verliess ich Dorpat, um die Leitung der neubegründeten Hauptsternwarte in Pulkowa zu übernehmen. Die Herren Fuss und Sabler wurden als Astronomen bei derselben angestellt, und Sawitsch erhielt seine Stellung als Professor an der Petersburger Universität. Es war wohl natürlich dass wir Pulkowaer Astronomen anfangs wenig Musse für die fernere Bearbeitung des so umfangreichen Materials der Caspischen Expedition fanden, und dass sie erst nach einiger Zeit wieder aufgenommen wurde. Dies geschah zunächst dadurch dass die drei Reisenden selbst ihre bisherigen Rechnungen einer sorgfältigen Ueberarbeitung unterwarfen, und dass Fuss sich darauf an die weitere Bearbeitung des eigentlichen geodätischen Materials machte, insofern es, mit Zuziehung der astronomischen Beobachtungen, zur Bestimmung der relativen Ortslagen auf dem Erdsphäroid dienen sollte. Ausserdem übernahm derselbe auch noch die weitläufige Berechnung des ganzen Materials der Barometerbeobachtungen.

So gelangte ich allmählig zu sehr vollständigen Rechnungsergebnissen, welche die drei Reisenden selbst ausgearbeitet, und zum Theil mit umständlichen Erörterungen, ein jeder nach seiner individuellen Ansicht, begleitet hatten. Dies werthvolle Material war aber noch weit entfernt zur sofortigen Herausgabe der Beschreibung verwandt werden zu können. Es fehlte noch das Geschichtliche der Expedition; es bedurften die Ausarbeitungen noch vielfacher Erläuterungen und der Verbindung unter einander; es war eine für den Druck geeignete Ordnung des Ganzen zu machen. Ausserdem erkannte ich aber bald, dass die einzelnen Materialien, nicht sowohl in Bezug auf die wichtigsten Zahlenangaben, die alle sicher waren, als in Bezug auf die aus denselben zu folgernden Endresultate, einer gleichförmigen Bearbeitung unterworfen werden mussten, um eine zusammenhängende gehörig abgerundete Beschreibung der Expedition hervorzurufen. Ich übertrug daher die fernere Redaction des Werkes, für den Druck, Herrn Sabler, der wo nöthig seine Mitarbeiter befragen konnte, für das Ganze aber von mir die nöthigen Vorschriften, und in einzelnen Fällen besondere Beihülfe erhielt. Herr Sabler hat sich dieses Auftrages jetzt erledigt, und so ist endlich das längst versprochene Werk im Drucke vollendet worden, welches, wie das Inhaltsverzeichnis nachweist, in drei Hauptabtheilungen zerfällt: die historische Einleitung, die Zusammenstellung des Materials, und die Berechnung desselben bis zur Ziehung der Endresultate.

Ich könnte hier meinen Bericht schliessen wenn ich es nicht für geeignet hielte, die Ergebnisse derjenigen Untersuchungen hinzuzufügen, zu welchen mich das für die Ausarbeitung dieses Berichts unternommene sorgfältige Studium des gedruckt vorliegenden Werks veranlasst hat, Untersuchungen die theils die einzelnen Operationen, theils die aus denselben abgeleiteten Resultate betreffen. Ueberdiess scheint es mir aber nothwendig den Lesern die Hauptergebnisse der Arbeit übersichtlich zusammenzustellen, und deren definitive numerische Werthe mit der ihnen zukommenden Genauigkeit einer sorgfältigen Durch-

sicht zu unterwerfen. Zu einer kritischen Prüfung der ganzen Arbeit glaube ich nemlich, nach der mir von der Akademie übertragenen Leitung derselben, um so mehr verpflichtet zu sein, als in dem vorliegenden Texte die Resultate so dargestellt sind, wie sie in den einzelnen Ausarbeitungen der drei Astronomen enthalten sind, und von Herrn Sabler als Redactor aus einer einfachen Verbindung der Theilarbeiten abgeleitet wurden.

II. Ueber die ausgeführten geodätischen Verbindungen, und deren Genauigkeit.

§ 5.

Die Operationslinie enthält zwischen den Hauptsignalen P^1 bis P^{123} eine Folge von Vierecken, die zwischen je zwei auf einander folgenden Signalen $P^n P^{n+1}$, Fig. 5, liegen und deren jedes durch eine nahezu auf der Mitte liegende Grundlinie $A^n B^n$ in zwei Dreiecke getheilt ist. Die längeren Diagonalen dieser Vierecke geben die 122 Entfernungen der Hauptsignale, $P^1 P^2$, $P^2 P^3$, u. s. w. bis $P^{122} P^{123}$. Die letzte Entfernung $P^{123} P^{124}$ hat keine eigne Basis, sondern ist aus der vorhergehenden $A^{122} B^{122}$ auf gedoppelte Weise abgeleitet worden. Siehe Seite 219.

Addirt man alle 122 auf einander folgenden Entfernungen der P , so findet sich, nach der Zusammenstellung S. 195 — 219, deren Summe = 34245610 Zoll.*) Die Summe aller 122 gemessenen Grundlinien beträgt aber, nach S. 19 — 45, 1716311 Zoll. Es ist also die mittlere Länge

einer Grundlinie $A^n B^n$, $G = 14068$ Zoll = 1172 Fuss = 6,3349 Werst,

einer Hauptdiagonale $P^n P^{n+1}$, $E = 280702$ „ = 23392 „ = 6,6834 „, $E \sin 1'' = 1,360$ Zoll.

einer Dreiecksseite $P^n A^n$, $S = 140528$ „ = 11711 „ = 3,3460 „, $S \sin 1'' = 0,680$ „.

Folglich im Mittel

$$S = 9,989 G; \quad E = 19,953 G.$$

Hieraus ergibt sich, dass, im Mittel genommen, eine Grundlinie $A^n B^n$ von den beiden zugehörigen Hauptpunkten P^n , P^{n+1} unter einem Winkel $\omega = 5^\circ 44' 44''$ gesehen wurde. Die in der Instruction vorgeschlagenen Grössen waren $E = 24500$ Fuss, $G = 1400$ Fuss, und folglich $\omega = 6^\circ 32'$.

§ 6.

In jedem der 4 Winkelpuncte eines solchen Vierecks waren 3 zu beobachtende Richtungen, die zusammen 12 Richtungen oder 8 Winkel bildeten. Durch die Messung derselben war das Viereck überbestimmt, indem in jedem der beiden auf der Basis ruhenden Dreiecke, die wir ein für alle Mal die *spitzen Dreiecke* nennen wollen, deren Spitzen in P^n und P^{n+1} sind, je zwei Winkel zur Auflösung desselben und zur Berechnung der Diagonale $P^n P^{n+1}$ genühten. Mit sehr wenigen Ausnahmen sind aber wirklich alle 12 Richtungen in jedem Vierecke beobachtet, wie sich aus der Zusammenstellung S. 19 — 45

*) Fügt man noch die letzte Linie $P^{123} P^{124} = 347350$ Zoll hinzu, so ergibt sich die Länge der durch die 124 Hauptsignale gehenden Operationslinie = 34592960 Zoll = 2882747 Fuss = 823,6 Werst = 118 geographische Meilen. Die im Texte des Werks p. 9, 318, 319, beiläufig gegebenen Längen dieser Linie sind nicht genau.