

III. Ueber die Anordnung der Operation und die Beobachtungsmethoden.

Unsere Geschäfte sowohl für die Zwecke des eigentlichen Nivellements als auch für die Aufnahme der Operationslinie zerfielen in 3 Hauptstücke: 1) Messung der Grundlinien; 2) Messung der Horizontalwinkel und 3) Messung der Zenithdistanzen. Ehe wir aber von den dabei angewandten Methoden sprechen werden, scheint es uns zweckmässig, über die Ordnung, in welcher diese verschiedenen Operationen ausgeführt wurden, eine Uebersicht zu geben.

Wir haben uns bemüht, so viel wie möglich eine Regelmässigkeit und Symmetrie in unsere Messungen einzuführen, und einige wenige Fälle ausgenommen, haben wir nach folgendem Plane gearbeitet. Des Morgens früh fuhr unser Mechanikus Herr Masing in der ersten Zeit mit einem von uns, später aber allein, aus, um die Gegend, durch welche die Operationslinie gehen sollte, zu recognosciren, und die Aufrichtung der Beobachtungssignale zu besorgen. Zur Aufstellung der Hauptsignale, die mit den zuvor beschriebenen 16füssigen Stangen bezeichnet waren, wurden die erhabensten Punkte aufgesucht, wenn möglich in 7 Werst Entfernung von einander, und eher weniger als mehr. In der Mitte dieser Distanz bemühte man sich, eine passende Stelle für eine Basis von circa 1400 Fuss zu finden. Die Richtung der Basis ward nahezu senkrecht zur Richtung der Hauptsignale genommen, und war so, dass die Verbindungslinie von einem Signal zum andern die Basis möglichst in der Mitte durchschnitt. Die Endpunkte der Basis wurden durch 2 der oben beschriebenen hölzernen Böcke mit ihren kreuzförmigen Trägern der Visirmarken bezeichnet. In der Verlängerung der Grundlinie, ungefähr 2 Fuss von einem der Endpunkte entfernt, wurde fast immer eine ebenso hohe Signalstange, wie an den Hauptpunkten, eingegraben, um in Bezug auf die Zenithdistanzen alle Bedingungen möglichst gleich zu machen. So lange es anging suchte man immer die Linie zwischen den aufzusetzenden Hauptsignalen, in der Fortsetzung der vorhergehenden zu nehmen, wenigstens wurden unnütze Wendungen vermieden. Gewöhnlich waren drei Hauptsignale P^n , P^{n+1} , P^{n+2} (siehe Fig. 5) und zwei Grundlinien $A^n B^n$ und $A^{n+1} B^{n+1}$ nebst den in der Nähe derselben stehenden Signalen β^n , β^{n+1} , zugleich aufgestellt. Wenn das Signal P^{n+2} und die Basis $A^{n+1} B^{n+1}$ fertig dastanden, begannen die Arbeiten in den Nachmittagsstunden, welche in der Regel die besten des Tages sind. Vor dem Anfange der Zeit der ruhigen Bilder wurde von Fuss und Masing die Länge der Basis $A^{n+1} B^{n+1}$ und von Sawitsch die an der hinteren Basis $A^n B^n$ liegenden Horizontalwinkel $P^n A^n B^n$, $P^{n+1} A^n B^n$; $P^n B^n A^n$, $P^{n+1} B^n A^n$ gemessen. Bald darauf besorgte Sabler, der dicht bei P^{n+1} in p^{n+1} sich befand, mit dem grossen Universal-Instrumente die Messung der Horizontalwinkel und Richtungen nach B^n , P^n , A^n , A^{n+1} , P^{n+2} , B^{n+1} . Die Beobachtung der Zenithdistanzen, der wichtigste Theil der Arbeit ist immer während der Zeit gemacht, wenn die möglichst grösste Ruhe der Bilder eingetreten war. Es wurden zu gleicher Zeit von den drei Beobachtern Sawitsch, Sabler und Fuss, die wir mit S , Σ und F bezeichnen werden, aus Punkten, die sehr nahe bei B^n , P^{n+1} , B^{n+1} lagen die Zenithdistanzen gemessen, und zwar nach folgendem Schema:

Zeit der Einstellung.	In b^n , bei der Basis $A^n B^n$ von S mit dem 8zöll. Theodoliten No. 1.	In p^{n+1} am Signal P^{n+1} von Σ mit dem grossen Universal-Instrument.	In b^{n+1} bei B^{n+1} von F mit dem Theodoliten No. 2.
-----------------------	------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------

Ister Satz.

1ste Lage des Instruments, z. B. Kreis rechts.

4 ^h 21'	nach P^n	nach β^{n+1}	nach P^{n+1}
23	. . . . .	β^{n+1} . . . . .	. . . . .
25	. . . . . P^n . . . . .	. . . . . P^{n+2} . . . . .	. . . . . P^{n+1}
27	. . . . .	. . . . . P^{n+2} . . . . .	. . . . .
30	. . . . . P^{n+1} . . . . .	. . . . . β^n . . . . .	. . . . . P^{n+2}
32	. . . . .	. . . . . β^n . . . . .	. . . . .
34	. . . . . P^{n+1} . . . . .	. . . . . P^n . . . . .	. . . . . P^{n+2}
36	. . . . .	. . . . . P^n . . . . .	. . . . .

2te Lage des Instruments, Kreis links.

39	. . . . .	. . . . . P^n . . . . .	. . . . .
41	. . . . . P^{n+1} . . . . .	. . . . . P^n . . . . .	. . . . . P^{n+2}
43	. . . . .	. . . . . β^n . . . . .	. . . . .
45	. . . . . P^{n+1} . . . . .	. . . . . β^n . . . . .	. . . . . P^{n+2}
48	. . . . .	. . . . . P^{n+2} . . . . .	. . . . .
50	. . . . . P^n . . . . .	. . . . . P^{n+2} . . . . .	. . . . . P^{n+1}
52	. . . . .	. . . . . β^{n+1} . . . . .	. . . . .
54	. . . . . P^n . . . . .	. . . . . β^{n+1} . . . . .	. . . . . P^{n+1}

Veränderung des Orts des Zeniths, Bar. u. Therm.

IIIter Satz. Kr. 1.

5 ^h 11'	ebenso wie im	ebenso	ebenso
etc.	I. Satz		

Diese Beobachtungen bilden eine vollständige Reihe oder einen Satz, und meistens haben wir 3 solcher Sätze, manchmal 4; selten 2 oder einen auf jeder Station. — Am folgenden Tage rückte jeder Beobachter resp. um eine Einheit der Signale vorwärts, so dass nun S in B^{n+1} , Σ in P^{n+2} und F in B^{n+2} beobachtete, und so fort. Auf diese Art haben wir zwei verschiedene Methoden combinirt, um den Einfluss der Refraction zu beseitigen, nämlich: 1) durch gegenseitige Zenithdistanzen, die immer genau gleichzeitig von zwei Beobachtern genommen wurden, und 2) dadurch, dass von einem mittleren Standpunkte aus ein jeder Beobachter für denselben Zeitpunkt die Zenithdistanzen zweier nach beiden Seiten nahezu gleichweit entfernter Signale mass. Wir haben eine Reihe von Bestimmungen nach der ersten Methode, und vier Reihen nach der zweiten, nämlich 2 von S und F von den B punkten aus gemessene und 2 von Σ von den P punkten aus gemessene (β und P).

Zugleich haben wir hiermit auch ein barometrisches Stationen-Nivellement zwischen dem Asowschen und Caspischen Meere vollständig durchgeführt, indem an allen Punkten P^n , B^n , P^{n+1} , B^{n+1} etc. gleichzeitig

Barometer- und Thermometer-Beobachtungen angestellt sind, und die Barometer ausserdem noch täglich unter einander verglichen wurden.

Jetzt wollen wir unsere eigentlichen Beobachtungsmethoden etwas umständlicher auseinandersetzen.

1) Messung der Grundlinien.

Die Methode der Basismessung war die, welche der Herr Akademiker v. Struve vorgeschlagen hat. Sie ist zuerst in seinem Werke: Gradmessung in den Ostseeprovinzen Russlands, Bd. II, pag. 7 beschrieben, und oft von ihm angewandt worden. Nach dieser Methode sind wir folgendermassen verfahren. Wenn die Endpunkte der Basis aufgestellt, und durch zwei, zum Theil in die Erde eingegrabene Böcke bezeichnet waren, wurden in der Nähe derselben und in der Verlängerung der Basis zwei starke Stäbe tief in die Erde schräge eingeschlagen. Dann wurden genau in der Richtung der Grundlinie von 30 zu 30 Schritt andere Stäbe eingesetzt. Eine an den ersten Stab befestigte getheerte Schnur von hinreichender Stärke wurde nun über den ersten Basisbock weg angespannt, und an jedem der mittleren Stäbe durch ein paar Umwindungen befestigt, bis zum andern Ende der Basis. Man sorgte immer durch Visirung mit einem kleinen Zugfernrohr dafür, dass die Umwindungen der Schnur auf jedem der Stäbe in der Linie sich befanden, die die Oberflächen der beiden Basisböcke verbindet. Wenn auf diese Weise die Schnur ausgespannt war, geschah die eigentliche Messung der Länge der Grundlinie längs der Schnur mit einer hölzernen Messstange von 14 Engl. Fuss, die wir oben beschrieben haben. Wenn nämlich der Anfangspunct der Messstange mit dem Anfangspunct der Grundlinie, oder der Mitte des Lochs auf dem Basisbocke in Coincidenz gebracht war, wurde der Endpunct der Stange durch einen feinen, mit einem Federmesser gezogenen Strich auf die Schnur übertragen; der Finger in der Nähe dieses Striches gehalten, um ihn nicht zu verlieren; dann wieder der Anfangspunct der Messstange mit jenem feinen Strich in Coincidenz gebracht, und das Ende derselben durch einen neuen Strich auf der Schnur bezeichnet — und so fort bis zum andern Ende der Grundlinie. Das zuletzt übrig bleibende Stück wurde mit einem guten Zollstocke bestimmt. Nach Beendigung der Messung, zu welcher, ausser einem Gehülfen, der die Stange trägt, zwei Personen erforderlich sind, wurden die Senkungen der Schnur in der Mitte der Distanz zwischen je zwei Stäben am Zollstocke durch Einvisirung bemerkt, um ihren geringen Einfluss später in Rechnung zu tragen. Die Neigung der Grundlinie wurde jedesmal bestimmt durch die Beobachtung der Zenithdistanz des einen Basis-Endes vom andern aus. Endlich müssen wir noch bemerken, dass wir die Länge unserer Messstange vor der Operation und zu wiederholten Malen während derselben durch Vergleichung mit einem eisernen Normal-Maasse von $3\frac{1}{2}$ Engl. Fuss untersuchten; die Vergleichung geschah mittelst eines Stangenzirkels, und auf die Temperatur wurde gehörig Rücksicht genommen. — Aus wiederholten Messungen haben wir die Gewissheit gewonnen, dass die nach dieser Methode bestimmten Grundlinien von 1400 Fuss bis auf einen kleinen Bruch des Zolls genau sind. Häufig geschah die Messung, die, wenn die Stäbe abgesteckt und die Schnur ausgespannt ist, nur etwa $\frac{1}{4}$ Stunde Zeit nimmt, zweimal; jedesmal wurde sie noch ausserdem durch Nachmessen mit der Messkette controlirt, um sicher zu sein, sich in der Zahl der Stangenlängen nicht verzählt zu haben.

Gewiss wird jeder die grossen Vorzüge dieser Methode einsehen, wenn man bedenkt, dass wir nicht weniger als 123 Grundlinien messen mussten und nicht allzuviel Zeit dazu zu verwenden hatten. Hätten wir grosse Dreiecke, wie bei einer gewöhnlichen Triangulation bilden, und mit genauen Apparaten eine lange Grundlinie messen wollen, so wäre dieses mit unserem Hauptzwecke, dem Nivellement unvereinbar gewesen. Wie viel Zeit, Mühe und Unkosten wären nicht erforderlich gewesen zur Recognoscirung und Errichtung von Signalen in so grosser Ausdehnung! Unsere kleinen Grundlinien aber mit genaueren Basisapparaten etwa bis

auf 0,1 Linien genau zu messen, wäre ganz zwecklos gewesen, da die gegenüber liegenden spitzen Winkel etwa bis auf 1" genau sind, und auf die Richtigkeit der Distanzen mehr Einfluss haben als 0,5 Zoll Fehler in der Grundlinie.

2) Messung der Horizontalwinkel.

Alle unsere Dreiecke sind spitz; die an der Basis liegenden Winkel sind nicht viel von 90° verschieden, der gegenüberliegende Winkel ist gewöhnlich ungefähr 7° . Die Genauigkeit der Bestimmung der Länge der Seiten hängt also vorzüglich von der Genauigkeit dieser spitzen Winkel ab. Daher wurden sie auch sehr sorgfältig mit dem grossen Universal-Instrumente gemessen, und auf die Centrirung des Instruments in Bezug auf die Signale die gehörige Sorgfalt verwandt, so dass die Reductionen der beobachteten Winkel auf das Centrum der Signale bis auf $0'',1$ genau sind. — Obgleich die Zeit, die für die Messung der uns viel wichtigeren Zenithdistanzen verwandt werden musste, in der Regel nicht erlaubte, diese Winkel in mehr als einem Satze, aber in beiden Lagen des Instruments zu beobachten, so haben wir doch theils durch Vergleichung der Winkel an den Punkten, wo mehr als ein Satz genommen wurde, theils durch die Uebereinstimmung der Summe der Winkel in den Dreiecken, die Ueberzeugung gewonnen, dass der wahrscheinliche Fehler der Winkel am grossen Universal-Instrument in einem Satze, noch nicht die Secunde erreicht. Dieses stimmt auch mit des Herrn Akademikers Struve Untersuchung überein; vergl. seine Gradmessung Th. I, pag. 138, wo er an einem Instrumente von ähnlicher Construction und Grösse diesen wahrscheinlichen Fehler $= 0''94$ findet.

Die Winkel an den Endpunkten der Basis waren eigentlich nur auf die Minute nöthig. Dennoch wurden sie mit dem kleinen Universal-Instrumente auf etwa $6''$ genau gemessen. Nachdem der kreuzförmige Träger der Basismarken herausgezogen war, wurde das Centrum des kleinen Instruments genau über die Mitte der cylindrischen Oeffnung auf dem Basis-Bocke selbst aufgestellt. Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass man auch mit dem kleinen Universal-Instrumente die Winkel bis auf $2''$ genau messen kann, aber beim Herausziehen und Hineinstecken der Träger der Basismarken, welche durch Friction in den erwähnten Oeffnungen sassen, konnten die Basisböcke eine kleine Verrückung erleiden, die für die grösseren Entfernungen wohl unmerklich, in der kleinen Distanz der Basislänge doch einige Secunden im Winkel betragen kann. Dass dieses der Fall war, sieht man auch daraus, dass in der Regel die Winkel in den langen Dreiecken $P^n A^n P^{n+1}$ (siehe die vorige Fig.) zwischen entfernteren Objecten genauer stimmen als die Winkel in den Dreiecken $P^n A^n B^n$ an den Basis-Endpunkten. Ausserdem wurden die Basis-Winkel gewöhnlich während der Zeit der unruhigsten Bilder beobachtet, wo die Signale manchmal so zerflossen erschienen, dass das Erkennen schon schwierig war. Es konnte aber keine andere Zeit dazu gewählt werden, weil während der ruhigeren Bilder die Zenithdistanzen, und die viel wichtigeren spitzen Winkel an den Hauptsignalen gemessen wurden. — Jedenfalls aber haben die Winkel an der Basis eine überflüssige Genauigkeit.

Unsere Winkelmesser waren vor dem Anfange der Beobachtung immer rectificirt, so dass die verticale Umdrehungsachse und die Horizontalachse des Fernrohrs, dessen Collimationsfehler immer fast 0 war, mittelst des Niveaus, das auf der Achse sitzt, und der Fusschrauben, ihre richtige Lage hatten. Der äussere oder Limbuskreis war festgeklemmt; weil aber die Drehung des Alhidadenkreises, die Bewegung des Beobachters etc. den Stand des erstern Kreises verändern konnten, so wurde die grösste Aufmerksamkeit auf das mit demselben verbundene Versicherungs-Fernrohr gerichtet. Dieses war auf einen gut sichtbaren Gegenstand eingestellt, und wurde, wenn sich eine Verstellung in demselben zu erkennen gab, mit dem Limbuskreise zusammen immer wieder auf das Object zurückgeführt, und die Ablesung nicht eher gemacht, als bis die Fäden in beiden Fern-

Barometer- und Thermometer-Beobachtungen angestellt sind, und die Barometer ausserdem noch täglich unter einander verglichen wurden.

Jetzt wollen wir unsere eigentlichen Beobachtungsmethoden etwas umständlicher auseinandersetzen.

1) Messung der Grundlinien.

Die Methode der Basismessung war die, welche der Herr Akademiker v. Struve vorgeschlagen hat. Sie ist zuerst in seinem Werke: Gradmessung in den Ostseeprovinzen Russlands, Bd. II, pag. 7 beschrieben, und oft von ihm angewandt worden. Nach dieser Methode sind wir folgendermassen verfahren. Wenn die Endpunkte der Basis aufgestellt, und durch zwei, zum Theil in die Erde eingegrabene Böcke bezeichnet waren, wurden in der Nähe derselben und in der Verlängerung der Basis zwei starke Stäbe tief in die Erde schräge eingeschlagen. Dann wurden genau in der Richtung der Grundlinie von 30 zu 30 Schritt andere Stäbe eingesetzt. Eine an den ersten Stab befestigte getheerte Schnur von hinreichender Stärke wurde nun über den ersten Basisbock weg angespannt, und an jedem der mittleren Stäbe durch ein paar Umwindungen befestigt, bis zum andern Ende der Basis. Man sorgte immer durch Visirung mit einem kleinen Zugferrohr dafür, dass die Umwindungen der Schnur auf jedem der Stäbe in der Linie sich befanden, die die Oberflächen der beiden Basisböcke verbindet. Wenn auf diese Weise die Schnur ausgespannt war, geschah die eigentliche Messung der Länge der Grundlinie längs der Schnur mit einer hölzernen Messstange von 14 Engl. Fuss, die wir oben beschrieben haben. Wenn nämlich der Anfangspunct der Messstange mit dem Anfangspunct der Grundlinie, oder der Mitte des Lochs auf dem Basisbocke in Coincidenz gebracht war, wurde der Endpunct der Stange durch einen feinen, mit einem Federmesser gezogenen Strich auf die Schnur übertragen; der Finger in der Nähe dieses Striches gehalten, um ihn nicht zu verlieren; dann wieder der Anfangspunct der Messstange mit jenem feinen Strich in Coincidenz gebracht, und das Ende derselben durch einen neuen Strich auf der Schnur bezeichnet — und so fort bis zum andern Ende der Grundlinie. Das zuletzt übrig bleibende Stück wurde mit einem guten Zollstocke bestimmt. Nach Beendigung der Messung, zu welcher, ausser einem Gehülfen, der die Stange trägt, zwei Personen erforderlich sind, wurden die Senkungen der Schnur in der Mitte der Distanz zwischen je zwei Stäben am Zollstocke durch Einvisirung bemerkt, um ihren geringen Einfluss später in Rechnung zu tragen. Die Neigung der Grundlinie wurde jedesmal bestimmt durch die Beobachtung der Zenithdistanz des einen Basis-Endes vom andern aus. Endlich müssen wir noch bemerken, dass wir die Länge unserer Messstange vor der Operation und zu wiederholten Malen während derselben durch Vergleichung mit einem eisernen Normal-Maasse von $3\frac{1}{2}$ Engl. Fuss untersuchten; die Vergleichung geschah mittelst eines Stangenzirkels, und auf die Temperatur wurde gehörig Rücksicht genommen. — Aus wiederholten Messungen haben wir die Gewissheit gewonnen, dass die nach dieser Methode bestimmten Grundlinien von 1400 Fuss bis auf einen kleinen Bruch des Zolls genau sind. Häufig geschah die Messung, die, wenn die Stäbe abgesteckt und die Schnur ausgespannt ist, nur etwa $\frac{1}{4}$ Stunde Zeit nimmt, zweimal; jedesmal wurde sie noch ausserdem durch Nachmessen mit der Messkette controlirt, um sicher zu sein, sich in der Zahl der Stangenlängen nicht verzählt zu haben.

Gewiss wird jeder die grossen Vorzüge dieser Methode einsehen, wenn man bedenkt, dass wir nicht weniger als 123 Grundlinien messen mussten und nicht allzuviel Zeit dazu zu verwenden hatten. Hätten wir grosse Dreiecke, wie bei einer gewöhnlichen Triangulation bilden, und mit genauen Apparaten eine lange Grundlinie messen wollen, so wäre dieses mit unserem Hauptzwecke, dem Nivellement unvereinbar gewesen. Wie viel Zeit, Mühe und Unkosten wären nicht erforderlich gewesen zur Recognoscirung und Errichtung von Signalen in so grosser Ausdehnung! Unsere kleinen Grundlinien aber mit genaueren Basisapparaten etwa bis

auf 0,1 Linien genau zu messen, wäre ganz zwecklos gewesen, da die gegenüber liegenden spitzen Winkel etwa bis auf 1" genau sind, und auf die Richtigkeit der Distanzen mehr Einfluss haben als 0,5 Zoll Fehler in der Grundlinie.

2) Messung der Horizontalwinkel.

Alle unsere Dreiecke sind spitz; die an der Basis liegenden Winkel sind nicht viel von 90° verschieden, der gegenüberliegende Winkel ist gewöhnlich ungefähr 7° . Die Genauigkeit der Bestimmung der Länge der Seiten hängt also vorzüglich von der Genauigkeit dieser spitzen Winkel ab. Daher wurden sie auch sehr sorgfältig mit dem grossen Universal-Instrumente gemessen, und auf die Centrirung des Instruments in Bezug auf die Signale die gehörige Sorgfalt verwandt, so dass die Reductionen der beobachteten Winkel auf das Centrum der Signale bis auf $0'',1$ genau sind. — Obgleich die Zeit, die für die Messung der uns viel wichtigeren Zenithdistanzen verwandt werden musste, in der Regel nicht erlaubte, diese Winkel in mehr als einem Satze, aber in beiden Lagen des Instruments zu beobachten, so haben wir doch theils durch Vergleichung der Winkel an den Punkten, wo mehr als ein Satz genommen wurde, theils durch die Uebereinstimmung der Summe der Winkel in den Dreiecken, die Ueberzeugung gewonnen, dass der wahrscheinliche Fehler der Winkel am grossen Universal-Instrument in einem Satze, noch nicht die Secunde erreicht. Dieses stimmt auch mit des Herrn Akademikers Struve Untersuchung überein; vergl. seine Gradmessung Th. I, pag. 138, wo er an einem Instrumente von ähnlicher Construction und Grösse diesen wahrscheinlichen Fehler $= 0''94$ findet.

Die Winkel an den Endpunkten der Basis waren eigentlich nur auf die Minute nöthig. Dennoch wurden sie mit dem kleinen Universal-Instrumente auf etwa $6''$ genau gemessen. Nachdem der kreuzförmige Träger der Basismarken herausgezogen war, wurde das Centrum des kleinen Instruments genau über die Mitte der cylindrischen Oeffnung auf dem Basis-Bocke selbst aufgestellt. Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass man auch mit dem kleinen Universal-Instrumente die Winkel bis auf $2''$ genau messen kann, aber beim Herausziehen und Hineinstecken der Träger der Basismarken, welche durch Friction in den erwähnten Oeffnungen sassen, konnten die Basisböcke eine kleine Verrückung erleiden, die für die grösseren Entfernungen wohl unmerklich, in der kleinen Distanz der Basislänge doch einige Secunden im Winkel betragen kann. Dass dieses der Fall war, sieht man auch daraus, dass in der Regel die Winkel in den langen Dreiecken $P^n A^n P^{n+1}$ (siehe die vorige Fig.) zwischen entfernteren Objecten genauer stimmen als die Winkel in den Dreiecken $P^n A^n B^n$ an den Basis-Endpunkten. Ausserdem wurden die Basis-Winkel gewöhnlich während der Zeit der unruhigsten Bilder beobachtet, wo die Signale manchmal so zerflossen erschienen, dass das Erkennen schon schwierig war. Es konnte aber keine andere Zeit dazu gewählt werden, weil während der ruhigeren Bilder die Zenithdistanzen, und die viel wichtigeren spitzen Winkel an den Hauptsignalen gemessen wurden. — Jedenfalls aber haben die Winkel an der Basis eine überflüssige Genauigkeit.

Unsere Winkelmesser waren vor dem Anfange der Beobachtung immer rectificirt, so dass die verticale Umdrehungsachse und die Horizontalachse des Fernrohrs, dessen Collimationsfehler immer fast 0 war, mittelst des Niveaus, das auf der Achse sitzt, und der Fusschrauben, ihre richtige Lage hatten. Der äussere oder Limbuskreis war festgeklemmt; weil aber die Drehung des Alhidadenkreises, die Bewegung des Beobachters etc. den Stand des erstern Kreises verändern konnten, so wurde die grösste Aufmerksamkeit auf das mit demselben verbundene Versicherungs-Fernrohr gerichtet. Dieses war auf einen gut sichtbaren Gegenstand eingestellt, und wurde, wenn sich eine Verstellung in demselben zu erkennen gab, mit dem Limbuskreise zusammen immer wieder auf das Object zurückgeführt, und die Ablesung nicht eher gemacht, als bis die Fäden in beiden Fern-

röhren die Signalmarken genau bissecirten. Wir haben immer die Regel befolgt, nach allen zu beobachtenden Objecten der Reihe nach einzustellen, alle Verniere abzulesen, und dann dieselben Messungen bei der andern um 180° verschiedenen Lage der Alhidade zu wiederholen. Alle Horizontalwinkel wurden demnach in der Regel in einem Satze aber in beiden Lagen des Instruments beobachtet.

3) Messung der Zenithdistanzen.

Die Aufstellungsart der Instrumente war dieselbe, wie bei den Horizontalwinkelmessungen. Die Stative derselben wurden immer in eine bestimmte Entfernung von etwa $2\frac{1}{2}$ Fuss von den Signalen, bei welchen beobachtet wurde ($P^n \beta^n$), und in senkrechter Richtung zur Operationslinie gestellt. Somit können ohne merklichen Fehler für die Berechnung der Zenithdistanzen die Entfernungen der Signale selbst zum Grunde gelegt werden. Den Punct, wo die Instrumente standen, haben wir in unseren Tagebüchern mit p^n, b^n etc. bezeichnet. Die angewandten Instrumente waren in b^n und b^{n+1} die beiden 8zölligen Theodoliten von Ertel, deren 4 Verniere $10''$ angaben, mit einem 28 mal vergrößernden Fernrohr; und in p^n das grosse Universal-Instrument, dessen 10zölliger Verticalkreis mittelst 4 Verniere unmittelbar $4''$ angab, mit einem Fernrohre von 60maliger Vergrößerung. Diese Instrumente sind viel zu bekannt, besonders durch die Beschreibung, welche der Herr Akademiker v. Struve in seiner Gradmessung, Bd. I, von denselben gegeben hat, als dass wir nöthig hätten ihre Bauart auseinanderzusetzen. Wir bemerken hier nur Folgendes: Die Fadennetze der Fernrohre hatten ausser zwei sehr nahen horizontalen Spinnfäden, die bei den astronomischen Nachtbeobachtungen gebraucht wurden, noch sowohl einen horizontalen als verticalen, besonders feinen Spinnfaden, welche bei Tagbeobachtungen irdischer Gegenstände einen grossen Vorzug haben, weil Objecte von kleinem scheinbarem Durchmesser, zumal wenn sie schwach beleuchtet sind, in der Nähe von dickeren Fäden häufig fast unkenntlich werden. Dagegen kann man diese feinen Fäden bei Nacht nicht gehörig erleuchten, und muss dann zu den stärkeren seine Zuflucht nehmen.

An den Verticalkreisen unserer Instrumente waren sehr empfindliche, mit Schwefeläther gefüllte Libellen angeklemt. Jede Verstellung des Kreises wurde also durch die Libelle angezeigt, welche deshalb auch bei jeder Einstellung abgelesen wurde. Um diese Ablesung in Rechnung tragen zu können, ist der Werth der Theilung an den Libellen in Secunden ausgedrückt, genau zu wissen nöthig. Wir haben zu dem Behufe viele und oft wiederholte Bestimmungen dieses Werthes gemacht. Dies geschah auf bekannte Weise mittelst der Fusschrauben der Instrumente, deren Köpfe eingetheilt waren. Der Werth eines Umganges der Fusschraube wurde durch die Theilung am Kreise selbst bestimmt. Auf diese Art fanden wir den Werth eines Theiles an unseren Libellen:

für den Theodolit No. 1	=	2,405	(13 Bestimmungen),
für das grosse Univ. - Instrum. .	=	2,540	(8 „
für den Theodolit No. 2	=	3,230	(5 „

Das grosse Universal-Instrument hatte vor den Theodoliten darin einen besondern Vorzug, dass die Hëmmung des Fernrohres im Centrum angebracht war, wodurch eine mögliche Biegung der Speichen des Kreises nicht Statt finden kann. Um aber auch bei den Theodoliten, wo die Hëmmung an der Peripherie des verticalen Kreises angebracht ist, diese Biegung zu eliminiren, wurden nach allen Objecten immer doppelte Einstellungen gemacht, wobei die Mikrometerschraube in entgegengesetzten Richtungen gedreht wurde. Also wird die Zenithdistanz aus 4 Einstellungen, 2 bei dem Kreise links und 2 bei dem Kreise rechts, geschlossen.

Die Beobachtung der Zenithdistanzen suchten wir in der allergünstigsten Zeit zu machen. Leider war nur

manchmal die Zeit der ruhigen Bilder sehr kurz, kaum eine Viertel-Stunde; gewöhnlich wurden sie aber früher angefangen und später fortgesetzt, um der Controle wegen zahlreichere Bestimmungen zu erhalten. Ich habe schon oben ein Schema gegeben, in welcher Ordnung die Zenithdistanzen in einem Satze gemessen wurden. Auf die Beendigung des Isten Satzes folgte gewöhnlich der IIte und IIIte, diese von einander dadurch verschieden, dass der Ort des Zeniths am Verticalkreise um 20° , 30° oder 40° verändert wurde, um sowohl von den zufälligen Theilungsfehlern des Kreises, als auch von den Fehlern der Verniere unabhängiger zu sein. Diese Veränderung des willkürlichen Anfangspunctes der Theilung geschah durch eine entsprechende Versetzung der an den Limbuskreis angeklebten Libelle. Bei dieser Operation blieb die verticale Umdrehungsaxe des Instruments vollkommen rectificirt, was übrigens von Zeit zu Zeit immer nachgesehen wurde. Zwischen jeder Reihe der Zenithdistanzen und vor Anfang und Ende derselben wurde noch das Barometer und Thermometer beobachtet, der Zustand des Himmels und die Richtung und Stärke des Windes notirt.

Welche Mittel wir ergriffen, um die Unsicherheit der Refraction so viel wie möglich zu verengern, habe ich schon erwähnt; hier muss ich noch bemerken, dass weil jene Unsicherheit von dem Grade der Ruhe oder Unruhe der Bilder abhängt, und die Refraction selbst, bei demselben Zustande der Bilder, nach einer Hypothese, für welche ich bei der Untersuchung der Refraction die nöthigen Belege geben werde, wahrscheinlich einen gleichen Werth hat; so war es von der grössten Wichtigkeit, jedesmal bei der Beobachtung eines Gegenstandes die Beschaffenheit seines Bildes nach einer möglichst gleichmässigen Schätzung zu notiren. Daher findet man auch in unseren Journalen, bei den Zenithdistanz-Messungen regelmässige Bemerkungen über den Grad der Ruhe der Bilder, ob nämlich dieselben sehr unruhig, unruhig, etwas unruhig, fast ruhig, ruhig und sehr ruhig gewesen sind. Die weitere Entwicklung dieses Gegenstandes folgt später bei der Berechnung der Höhenbestimmungen.

Um die reciproken gegenseitigen Zenithdistanzen vergleichbar zu machen, war es nothwendig, sehr genaue Centrirungen zu haben, in Bezug auf die Anzahl von Fuss und Zollen, wie viel die horizontale Gesichtslinie des Beobachters unter der Mitte der Marke des Signals sich befand. Da wir nie mehr als 2 — 3 Fuss von den Signalen entfernt waren, konnte diese Centrirung sicher und leicht bewerkstelligt werden. Das Fernrohr wurde nämlich 90° vom Zenith gestellt, und dann längs der obern und untern Fläche desselben nach der früher erwähnten Eintheilung der Signalstange, welche durch das Loth senkrecht gestellt war, visirt. Das Mittel beider Einvisirungen bestimmte die Lage der horizontalen Gesichtslinie auf 0,1 Zoll genau.

Unsere gegenseitigen Zenithdistanzen sind wirklich auch gleichzeitig. Wir verglichen nämlich täglich unsere sehr guten Taschenuhren unter einander und mit den Chronometern, und verabredeten in bestimmten Zeiten auf die Minute genau die Einstellungen zu machen, was für die Gleichzeitigkeit der Messungen hinlänglich ist. In wenigen Fällen, wo die Gleichzeitigkeit nicht so genau Statt findet, werden die Zenithdistanzen aus der vorhergehenden und nachfolgenden für die bestimmte Zeit interpolirt.

Alle unsere Beobachtungen, die in der Regel von $3^h 30'$ Nachmittags bis nach 6^h dauerten, sind in den oben beschriebenen Zelten gemacht. Die Instrumente waren also vor der Einwirkung der Sonne und des Windes geschützt.