



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Handbuch der Vermessungskunde**

**Jordan, Wilhelm**

**Stuttgart, 1896**

§. 5. Anordnung der Winkelmessung

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83087](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83087)

*Dauer der Heliotrop-Lichter.*

Die Winkelmessung nach Heliotrop-Lichtern ist nur während eines beschränkten Teiles eines Tages möglich, etwa von 3 Uhr Nachmittags bis Sonnen-Untergang, ausnahmsweise auch unmittelbar nach Sonnen-Aufgang. Vormittags und unmittelbar nach Mittag ist die Messung auf weite Entfernung nicht möglich wegen des Schwirrens und der Unruhe der Bilder.

Da auch in der günstigen Tageszeit noch viele Zeit verloren geht wegen mangelnden Sonnenscheins, so ist die Winkelmessung nach Heliotrop-Licht eine langwierige Arbeit. Nach einer von der Landesaufnahme angestellten Vergleichung („Zeitschr. f. Verm.“ 1879, S. 111) ist die mittlere Leistung für 1 Tag und 1 Instrument nur etwa zwischen 12 und 17 Einstellungen (in je zwei Lagen).

*Nacht-Beobachtungen.*

Man ist in neuerer Zeit wieder teilweise von der Signalisierung durch Heliotrope zur Anwendung nächtlicher Lampensignale zurückgekommen. Im Generalbericht d. Eur. Gr. f. 1875, S. 140–150 wird von Perrier eine „Etude comparative des observations de jour et de nuit“ mitgeteilt, welche den Nacht-Beobachtungen den Vorzug giebt.

Die elektrische Nacht-Signalisierung zwischen Spanien und Algier haben wir bereits auf Seite 22–23 erwähnt.

Eine Abhandlung: „Die Winkelmessungen bei Tage und bei Nacht“ von W. Werner ist in der „Zeitschr. für Instrumentenkunde“ 1883, S. 225–237 erschienen.

**§. 5. Anordnung der Winkelmessung.**

Die Winkelmessung, das wichtigste Element der Triangulierung, ist in ihrer Anordnung durch zwei wesentlich verschiedene Umstände bedingt, erstens durch die mechanischen und optischen Verhältnisse des Messens selbst, und zweitens durch die Ausgleichung.

In geschichtlicher Beziehung hat sich die Winkelmessung für Triangulierung etwa so entwickelt:

Schon vor der Anwendung des Fernrohrs konnte man an geteilten Kreisen von grossem Halbmesser Winkel auf etwa 1' genau messen (*Snellius* 1615, vgl. unsere Einleitung S. 5), bald stieg die Genauigkeit so, dass man einzelne Sekunden in Rechnung nahm.

Das im vorigen Jahrhundert von *Tobias Mayer* in Göttingen erfundene und von den Franzosen weiter entwickelte Verfahren der Repetitions-Messung mit Nonienablesung galt bis zur Mitte dieses Jahrhunderts im allgemeinen als das beste und die Genauigkeit stieg auf 1".

Das Wesentlichste über Repetitions-Messung haben wir schon in unserem II. Bande „Handb. d. Verm.“ 4. Aufl. 1893 § 72 mitgeteilt, zugleich sei über die hannoverschen Repetitions-Messungen von *Gauss* verwiesen auf Gäde, „Zeitschr. f. Verm.“ 1885, S. 121 und 205 und „Zeitschr. f. Verm.“ 1882, S. 431. Über den älteren „cercle répétiteur“, vgl. *Jordan*, Grundzüge der astr. Zeit- und Ortsbestimmung, Berlin 1885, S. 219 und S. 206. Eine neuere gründliche Arbeit hiezu ist: Über das Mitschleppen des Limbus und verwandte Fehler bei Repetitionstheodoliten, von *Friebe*, „Zeitschr. f. Verm.“ 1894, S. 333–348.

*Struve* und *Bessel* gingen etwa 1820–1830 zur „Richtungs-Messung“ über, welche später mit Mikroskop-Ablesung (etwa seit 1840, vgl. Küsten-Vermessung S. 51) weiteste Verbreitung fand. Man nahm möglichst viele Sichten in einen Satz zusammen



und wiederholte die Sätze mit verstelltem Limbus. In neuester Zeit ist die reine „Winkelmessung“ (mit nur *zwei* Sichten in einem Satze) mit Vorteil angewendet worden.

Nach dieser allgemeinen Übersicht wollen wir einzelne Verhältnisse näher betrachten:

#### *Richtungs-Messungen.*

Die Messung von möglichst vollen Sätzen, wie man sie im einzelnen Falle bekommen kann, wurde von Bessel bei der Gradmessung in Ostpreussen angewendet und seitdem Jahrzehnte lang fortgesetzt. Bessel schreibt (Gr. in Ostpr. S. 69):

„Wenn man immer *alle* auf einem Dreieckspunkt zu beobachtende Richtungen hätte einstellen können, so würde das Resultat aller daselbst gemachten Beobachtungen ganz einfach das Mittel aus allen Ablesungen jeder Richtung gewesen sein. Dieses war aber sehr selten möglich; man musste sich auf die Beobachtung derjenigen Punkte beschränken, welche gerade sichtbar waren und nicht zu unruhig erschienen.“

Für die Messungen selbst scheint nun ein solches Anpassen an die Umstände das beste, allein die Ausgleichungen werden dadurch ungemein verwickelt.

Wir können heute davon absehen, dass es mehrerer Jahrzehnte bedurft hat, bis die formelle Theorie der Ausgleichung von Triangulierungen mit solchen unvollständigen Satzbeobachtungen fertig gestellt, und unbestritten anerkannt war (Bessel, Hansen, Andrä u. A. 1834—1870, man vgl. unseren I. Band „Handb. d. Verm.“ 4. Aufl. 1895, Kap. II, zusammenhängende Entwicklung aller hierher gehörenden Theorien). Aber auch wenn diese Theorien nun vorliegen und die ganze Ziffernmenge mit den Coefficienten  $[\alpha\alpha]$ ,  $[\alpha\beta]$  u. s. w. berechnet ist, ist sie doch in sich kaum konsequent zu nennen, weil die mittleren Fehler *nach* der Ausgleichung immer grösser ausfallen, als *vor* der Ausgleichung, wozu noch andere Übelstände kommen.

#### *Null-Marke.*

Um die vorerwähnten Richtungs-Messungen etwas geschmeidiger und von zufälligen Umständen unabhängiger zu machen, hat man in jeden Satz einen naheliegenden Zielpunkt, welcher gar nicht zu der Triangulierung selbst gehört, aufgenommen.

Über dieses Mittel wurde zuerst von Struve (astr. Nachr. 2. Band, 1824, S. 435) berichtet. Die Nullpunktmarke wurde von Struve in 500 bis 1000<sup>m</sup> Entfernung gesetzt; sie bestand aus einem vertikalen Rechteck von 10'' Breite und 20'' Höhe mit weisser Farbe auf schwarzem Grunde angelegt; da der Vertikalfaden des Fernrohrs 6'' deckte, so blieb links und rechts von dem Rechteck ein Streifen von 2'' Breite übrig.

Die ausgedehnteste Anwendung fand dieses Mittel der Nullmarke bei den Triangulierungen des geodätischen Instituts, etwa 1870—1880, namentlich bei dem „Rheinischen Dreiecksnetz“; es hat sich aber gefunden, „dass die Beobachtungen der Nullmarke auf den Stationen des Rheinischen Dreiecksnetzes erheblich schlechter sind, als die der übrigen Objekte.“ („Zeitschr. f. Verm.“ 1879, S. 149.)

Ein Teil dieser Nullmarkenfehler mag jedenfalls darin liegen, dass die Nullmarken nicht immer in genügend gleicher Höhe mit dem Theodolit angebracht werden konnten; wenn indessen eine Nullmarke unter einem starken Neigungswinkel erscheint, so sollte man den Horizontal-Axenfehler (*i tang h* Band II, 4. Aufl. 1893, S. 203) hiefür in Rechnung bringen.



*Winkelmessungen in allen Kombinationen.*

Dieses Mittel, welches schon von Gauss und Gerling als Ideal gepriesen wurde, ist von General Schreiber etwa seit 1871 angewendet worden und bildet jetzt den Grundton der Haupttriangulierungen der Landesaufnahme.

Die Theorie hiezu haben wir bereits in unserem I. Bande, „Handb. d. Verm.“ 4. Aufl. 1895, § 77 behandelt, auch alle Citate hiezu gegeben.

Hiernach sind die Vorteile der Winkelmessung in allen Kombinationen doppelt: Erstens werden die Messungen selbst so genau als möglich, durch Beschränkung auf kürzeste Dauer (nur *zwei* Zielpunkte) des einzelnen Satzes; zweitens aber werden dadurch alle Gewichts-Coëfficienten  $[\alpha\alpha]$ ,  $[\alpha\beta]$  u. s. w. gleich Null, und die Netzausgleichung, welche bei unvollständigen zerstreuten Sätzen eine unerfreuliche starre Masse bildet, wird nun, bei Wahrung aller formellen Strenge, so übersichtlich und geschmeidig, wie wenn man es mit unabhängigen Richtungs-Messungen zu thun hätte.

**§ 6. Schraubenfehler und Teilungsfehler.**

Das Wichtigste über das Schrauben-Mikroskop haben wir schon in unserem II. Bande, 4. Aufl. 1893, § 63. mitgeteilt, d. h. alles das, was man unbedingt wissen muss, um mit einem Mikroskop-Theodolit messen zu können. Auch ist da noch an die weiteren Ausführungen zu erinnern, welche im II. Band, 3. Aufl. 1888, S. 150—151 und S. 213—214 gegeben waren.

Nach diesem wollen wir noch die Fehleruntersuchung der Schrauben behandeln.

Man hat zu fragen, ob die Schrauben der Mikroskope durchaus gleichförmige Verschiebungen der Fäden erzeugen, oder im einzelnen:

- 1) ob die verschiedenen Schraubengänge alle gleich sind (fortschreitende Fehler),
- 2) ob in der einzelnen Umdrehung die Drehungswinkel den Fadenverschiebungen proportional sind (periodische Fehler).

Die erste Frage, fortschreitende Fehler betreffend, kann man dadurch beantworten, dass man ein und denselben Teilwert des Kreises an verschiedenen Stellen der Schraube misst. Die Untersuchung wird bei den wenigen Umdrehungen, welche bei Theodolit-Mikroskopen gewöhnlich nur gebraucht werden, selten merkliche Fehler ergeben, und ist jedenfalls nicht schwierig. (Eine sehr feine Untersuchung dieser Art findet man in „Travaux et mémoires du bureau international des poids et mesures, Tome V, Paris 1886, S. 47—60, erreurs progressives d'une vis micrométrique.“)

Dagegen sind die *periodischen Fehler*, welche von unsicherer Führung der Schrauben u. s. w. herrühren, oft bedeutend und müssen stets untersucht werden.

Man braucht dazu ein Intervall, welches *nicht* einer ganzen Umdrehung oder einem Vielfachen einer Umdrehung entspricht, sondern am besten einen runden Bruchteil, z. B. ein Viertel, ein Fünftel oder dergl. einer Umdrehung giebt.

Die Theodolitkreise haben meist keine Teilstriche für solche Zwecke, und es wäre zu wünschen, dass die Mechaniker bei Herstellung der Teilungen darauf Rücksicht nähmen, indem an irgend welcher Stelle einige Hilfsstriche in Abständen von 1', 2', 3', 4' u. s. w. angebracht würden.

Statt eines Hilfsstriches auf der Teilung kann man auch einen Hilfsfaden (bzw. Doppelfaden) im Gesichtsfelde des Mikroskopes anwenden, indem dann der Haupt-