



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Handbuch der Vermessungskunde**

**Jordan, Wilhelm**

**Stuttgart, 1896**

§. 25. Änderung der geographischen Breite

---

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

Solcher Polygone, aber in viel geringerer Ausdehnung, konnten mehrere in Spanien geschlossen werden; auch dort sind die Resultate, bis auf eines, günstig. — Die Anschlussdifferenzen gegen Lommel addieren sich nur bei der russischen Längengradmessung systematisch und erreichen bei Orsk den bedeutenden Betrag von 570<sup>mm</sup> für 1<sup>km</sup>. Im übrigen sind die drei grössten Abweichungen gegen Lommel: Lugo (Spanien) mit 81<sup>mm</sup>, Taschbunar (russ. Breitengradmessung von Struve) mit 54<sup>mm</sup> und Oran (Algerien) mit 36<sup>mm</sup> für 1<sup>km</sup>.

Die Anschlüsse zwischen Grundlinien benachbarter Länder, die mit *verschiedenen* Apparaten gemessen worden sind, sind in der folgenden Tabelle enthalten. (In Belgien und Dänemark diente der preussische Besselsche Basisapparat.)

Anschluss	Entfernung in km	Anzahl der verbinden- den Dreiecke	Anschlussdifferenz	
			in 7. Stelle des Log.	in mm für 1 <sup>km</sup>
1) Algerien — Spanien (Oran — Cartagena) . . . . .	450	18	— 105	— 24,2
2) Spanien — Frankreich (Vich — Perpignan) . . . . .	100	10	— 9	— 2,1
3) Frankreich — England (Paris — engl. Basen) . . . . .	300	27	+ 14	+ 3,2
4) Frankreich — Belgien (Paris — Ostende) . . . . .	275	26	+ 46	+ 10,6
5) England — Belgien (engl. Basen — Ostende) . . . . .	150	9	— 10	— 2,3
6) Deutschland — Schweiz (Oberhergheim — Aarberg)	100	15	— 40	— 9,2
7) Schweiz — Italien (Bellinzona — Somma) . . . . .	75	3	— 29	— 6,7
8) Preussen — Russland (Strehlen — Czenstochau) . . . . .	150	11	+ 2	+ 0,5
Summe	1600	119	+ 255	+ 58,8
Durchschnitt	200	13	+ 32	+ 7,4

Der rohe Durchschnitt giebt also zwischen je zwei Grundlinien mit 13 Verbindungsdreiecken auf 200<sup>km</sup> Entfernung eine Anschluss-Differenz = 0.000 0032 im Logarithmus oder  $\frac{32}{4,34} = 7,4^{\text{mm}}$  für 1<sup>km</sup>.

Im Ganzen kommt der Verfasser zu folgenden Schlüssen:

I. Nach Reduktion auf internationale Meter zeigen die Grundlinien, welche in benachbarten Ländern mit *verschiedenen* Apparaten gemessen sind, keinen Unterschied gegen die Grundlinien, die mit *demselben* Apparat gemessen worden sind.

II. Die Vergleichung der Grundlinien mittelst Dreiecksketten lässt deshalb weitere Schlüsse über die Massvergleichung, über die Reduktionsfaktoren, oder über die angewandte Messungsmethode nicht mehr zu (d. h. diese Feinheiten verschwinden neben den Triangulierungsfehlern).

III. Um alle Grundlinien wirklich einheitlich auf einander beziehen zu können, ist es erforderlich, entweder sämtliche Grundlinien mit demselben Apparat zu messen, oder eine einzige Grundlinie mit allen Apparaten zu messen, und hiernach die einzelnen Apparate gegen einander zu bestimmen.

## § 25. Änderung der geographischen Breite.

Die seit etwa 10 Jahren konstatierte und nun in gründlicher Erforschung befindliche Änderung der geographischen Breite eines Ortes; allgemeiner die Schwankungen der Erdaxe, bis zu 0,3' Ausweichung von der Mittellage, bildet eine Haupt-



aufgabe der heutigen internationalen Erdmessung und muss wohl auch in unserem der Geodäsie gewidmeten Bande summarisch behandelt werden, obgleich astronomische Messungen sonst hier ausgeschlossen sind.

Wir hatten schon in der „Zeitschr. f. Verm.“ 1891 einiges hierüber aus den Verhandlungen der permanenten Kommission der internationalen Erdmessung von Freiburg 1890 berichtet, mit Mitteilungen von Herrn Professor *Albrecht* am geodätischen Institut, welcher auch für die allgemeine Konferenz der Erdmessung in Berlin 1891 den amtlichen Bericht erstattet (vgl. „Zeitschr. f. Verm.“ 1891, S. 579—580) und den nachstehenden Auszug daraus unterstützt hat.

Nachdem schon früher 1842—1843 an der Polhöhe von Pulkowa kleine Änderungen vermutet und rechnerisch erörtert waren (*Helmert*, Höhere Geodäsie, II. Band, 1884, S. 394) ist die Frage der Breiten-Änderung auf der Erdmessungs-Konferenz in Rom, 1883, bestimmter gestellt worden. Auf dieser Konferenz wurde diese Frage von *Fergola* angeregt.

Es wurde vorgeschlagen, an mehreren passend gewählten Orten auf der Erdoberfläche unter Anwendung gleicher Instrumente und einheitlicher Beobachtungsmethoden Breitenbestimmungen vorzunehmen, welche in hinreichend von einander abstehenden Zeitepochen zu wiederholen seien.

Die Konferenz in Rom beschäftigte sich eingehend mit dieser Frage, ohne dass indes praktische Folgen hieraus hervorgingen.

Die Resultate einer mehr als einjährigen Beobachtungsreihe des Herrn *Küstner* auf der Berliner Sternwarte nach der Methode *Horrebow-Talcott* brachten von Neuem diese Frage in Fluss.

Durch die Ergebnisse dieser letzterwähnten Beobachtungsreihe war die Frage einer Veränderlichkeit der Polhöhe in ein akuteres Stadium getreten, da *Küstner* zu dem Resultat gelangt war, dass die Beobachtungen derselben Sternpaare im Frühjahr 1885 eine um  $0,20'' \pm 0,04''$  kleinere Polhöhe ergaben als diejenigen im Frühjahr 1884. (Vgl. *Küstner*, Neue Methode zur Bestimmung der Aberrations-Konstante nebst Untersuchungen über die Veränderlichkeit der Polhöhe, Berlin 1888, S. 47.)

Dadurch wurde die Frage nahe gerückt, ob nicht vielleicht neben den schon mehrfach vermuteten säkularen Änderungen der Polhöhe auch Schwankungen innerhalb kürzerer Fristen nachzuweisen seien. Die Möglichkeit derartiger Veränderungen, als Folge der meteorologischen Vorgänge an der Erdoberfläche ist unbestritten; nur erschien es zweifelhaft, ob dieselben die Grenzen der Messbarkeit erreichen.

Auf der Konferenz der Permanenten Kommission in Salzburg 1888 wurde der Beschluss gefasst, mit eigenen Mitteln und Kräften zur Aufklärung der Frage der Veränderlichkeit der Lage der Erdaxe im Erdkörper beizutragen, und zur Vorbereitung weiterer umfassenderer Untersuchungen dieser Art Vorversuche anzustellen, welche dem Zentralbureau übertragen wurden.

Darauf hin wurden vom Anfang 1889 ab fortlaufende Breitenbestimmungen in Berlin, Potsdam und Prag unter Anwendung der Methode von *Horrebow-Talcott* ausgeführt.

Der Grundgedanke dieser Methode ist in Fig. 1. S. 159 angedeutet, er beruht auf der Meridian-Zenit-Distanzmessung zweier Sterne in nahezu gleichen Zenitabständen. (Vgl. *Albrecht*, Formeln und Hilfstafeln für geographische Ortsbestimmungen, Leipzig 1894, 3. Aufl., S. 75 u. ff.)



Sind  $S_1$  und  $S_2$  zwei Sterne, welche auf verschiedenen Seiten von dem Zenit  $Z$  eines Punktes  $J$  kulminieren und die Deklinationen  $\delta_1$  und  $\delta_2$  haben, so sind die beiden Zenitdistanzen  $z_1$  und  $z_2$ , ausgedrückt in der Breite  $\varphi$  des Beobachtungsortes und den Deklinationen  $\delta_1$  und  $\delta_2$  der beiden Sterne:

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= \varphi - \delta_1 & z_2 &= -\varphi + \delta_2 \\ \text{also } \varphi &= \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} + \frac{z_1 - z_2}{2} \end{aligned} \right\} (1)$$

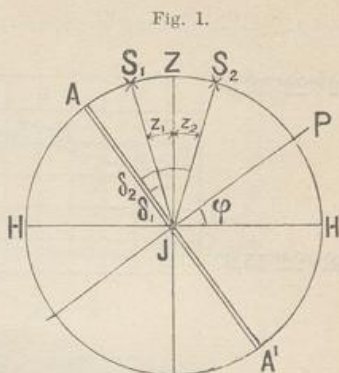


Fig. 1.

Wenn man nun solche Sterne hat, deren Zenitdistanzen  $z_1$  und  $z_2$  sehr nahe *gleich* sind, nämlich nur um wenige Minuten verschieden, während  $z_1$  und  $z_2$  selbst bis zu  $25^\circ - 30^\circ$  betragen dürfen, so braucht man zur Messung der *Differenz*  $z_1 - z_2$ , auf welche es ankommt, die Kreisteilung nicht, sondern nur Mikrometer-Ablesungen, deren Fehler hinreichend klein gemacht werden können.

Die Vorteile des Verfahrens sind: Minimum an Rechnerarbeit, höchster Genauigkeitsgrad der Resultate, nahezu völlige Unabhängigkeit von systematischen Fehlern.

Um aber von den Fehlern in den angenommenen Deklinationen der Sterne unabhängig zu werden, wurde ein Kettenverfahren angewendet, dergestalt, dass auf jeder der Stationen 9 Sterngruppen von je 8 bis 9 Sternpaaren ausgewählt wurden, so dass an jedem klaren Abende je zwei dieser Sterngruppen nach einem festen Beobachtungsprogramm beobachtet werden konnten.

Die Veränderung der Polhöhe kann dadurch unabhängig von den Deklinationunsicherheiten der Sterne erhalten werden, dass zunächst innerhalb jeder Sterngruppe die Reduktionen jedes einzelnen Sternpaares auf das mittlere Deklinationssystem der betreffenden Gruppe abgeleitet, und die übergreifenden Gebiete je zweier Gruppen dazu benützt werden, die Deklinationssysteme der Gruppen unter einander (unabhängig von der Veränderlichkeit der Polhöhe) festzustellen.

Die Ergebnisse der Beobachtungen, auf eine und dieselbe Sterngruppe reduziert, und daher von der Unsicherheit der angenommenen Deklinationen der Sterne befreit, sind enthalten in den Verhandlungen der vom 15.—21. Sept. 1890 zu Freiburg i. B. abgehaltenen Konferenz der permanenten Kommission der internationalen Erdmessung. Berlin 1891, S. 14—18.

Diese Ergebnisse wurden graphisch dargestellt, wie aus den hier folgenden Kurven für Berlin, Potsdam, Prag zu ersehen ist.

Fig. 2. Berlin.

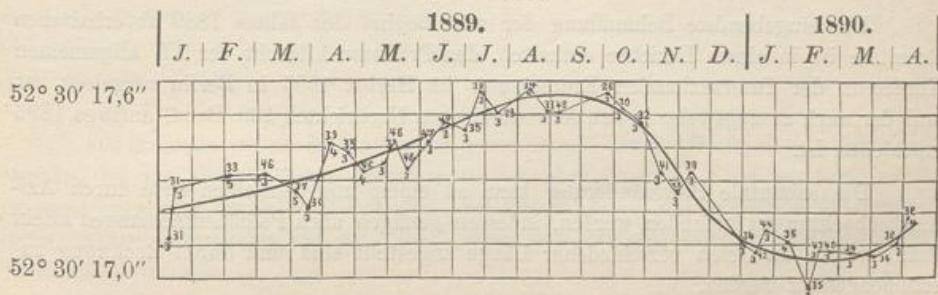




Fig. 3. Potsdam.

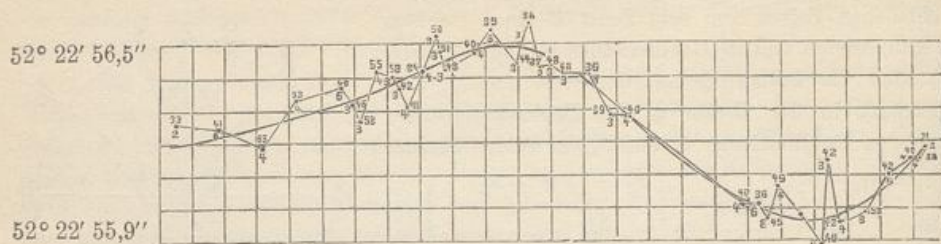
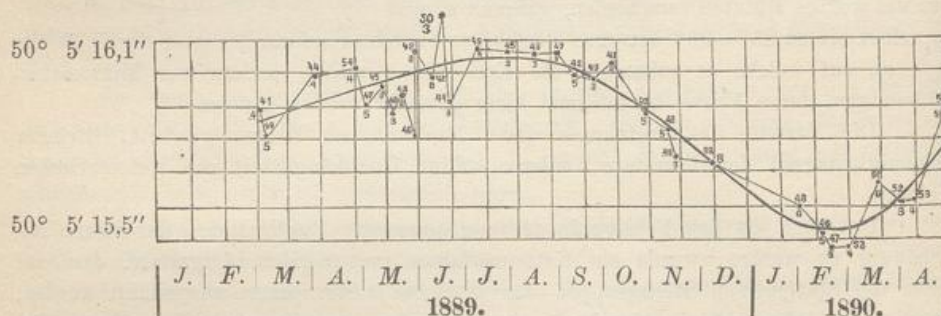


Fig. 4. Prag.



In diesen Darstellungen sind die Zeiten als Abscissen und die Breiten als Ordinaten behandelt.

In den Abscissen ist 1 Teil = 20 Tage oder =  $\frac{2}{3}$  Monat, in den Ordinaten ist 1 Teil = 0,1''. Die beige-schriebenen Zahlen bedeuten die Sternpaare der Beobachtungen und die Zahl der Beobachtungstage z. B. bei Potsdam  $\frac{33}{2}$  bedeutet 2 Beobachtungstage zwischen dem 1. und 20. Januar 1889, und Anwendung von 33 Sternpaaren.

Die Kurven zeigen einen so nahe parallelen Verlauf auf allen drei Stationen, dass an der Realität der Polhöhenänderung nicht zu zweifeln ist.

Dank der regen Beteiligung einer grösseren Anzahl von Sternwarten und sonstigen Beobachtungsstationen sind die Beobachtungen fortgesetzt worden und haben es ausser Zweifel gestellt, dass die Polhöhenschwankungen durch wirkliche Lagenänderungen der Umdrehungsaxe veranlasst sind.

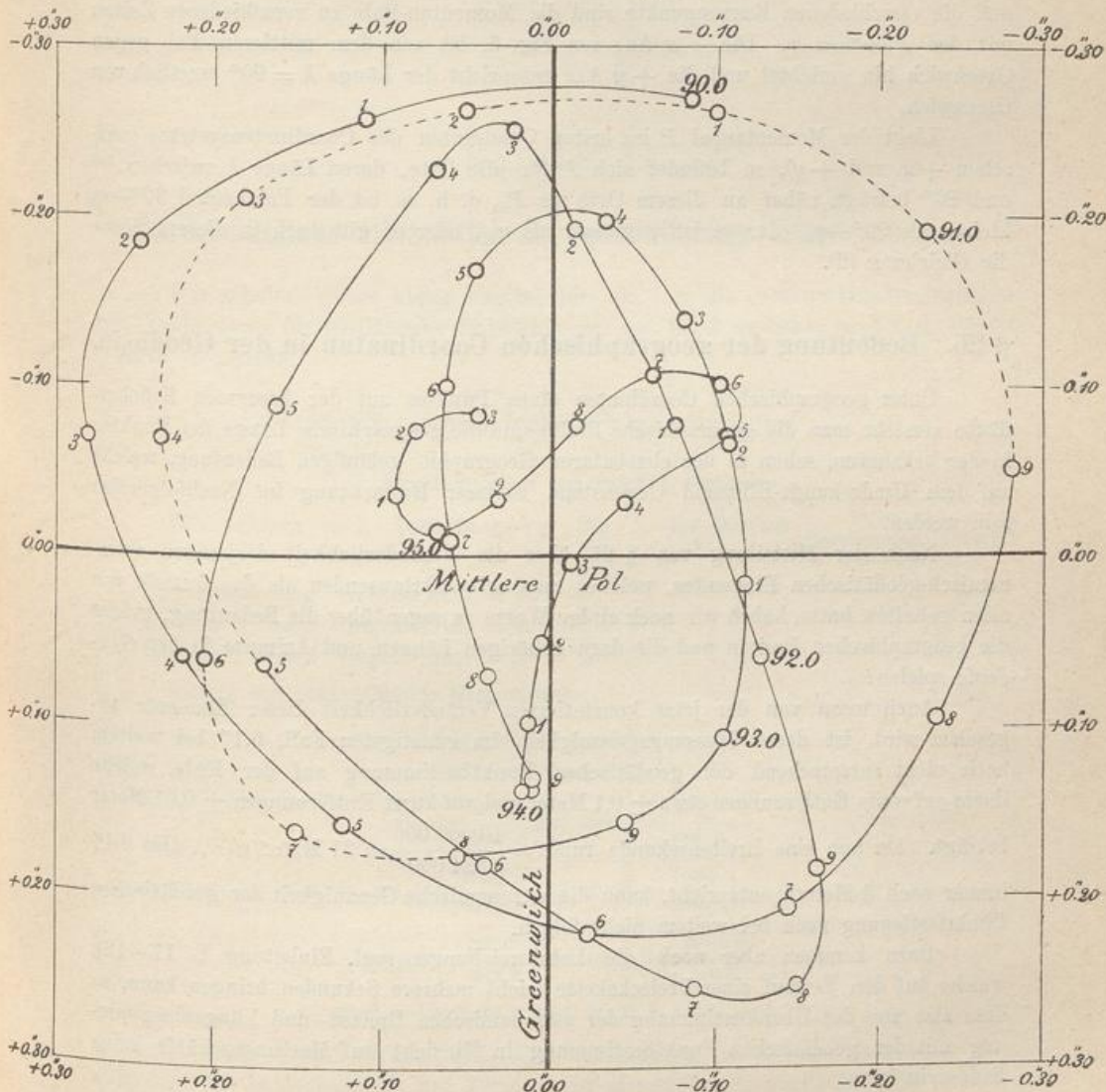
Die eingehendste Behandlung der vom Beginn des Jahres 1889 ab erhaltenen Resultate ist in einem Berichte enthalten, den Professor Albrecht der XI. allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung im Herbst 1895 in Berlin vorgelegt hat und der auch auszugsweise in den Astronomischen Nachrichten 139. Band, anfangs 1896 erschienen ist.

Die azimutale Polveränderung kann an einem und demselben Orte durch Azimutbeobachtungen gefunden werden, indessen genügen auch Polhöhenmessungen allein dazu, welche an Orten verschiedener Länge angestellt sind und durch Rechnung zusammengefasst werden.



Wenn für einen Beobachter in Greenwich, oder im Meridian von Greenwich, der Momentan-Pol am Himmel um den Betrag  $x$  höher steht als der mittlere Pol, so wird auch die beobachtete Polhöhe  $\varphi$  um ebensoviel grösser sein als die mittlere Polhöhe  $\varphi_0$  oder es wird sein  $\varphi - \varphi_0 = x$ . Wenn zugleich der Pol in Greenwich um den Betrag  $y$  rechts vom Meridian des mittleren Pols steht, so hat das auf die Polhöhenmessung in Greenwich, oder im Meridian von Greenwich keinen Einfluss, dagegen auf einem Punkte in der Länge  $90^\circ$  östlich von Greenwich wird dieses  $y$  sich als Polhöhenvergrößerung zeigen, während umgekehrt hier  $x$  unbemerkt bleibt.

Fig. 5. Bewegung des Nordpols der Erde von 1890—1895.  
Punkte in Abständen von  $\frac{1}{10}$  Jahr.





Allgemein in der Länge  $\lambda$  östlich von Greenwich werden die erwähnten Komponenten  $x$  und  $y$  der Polabweichung eine Polhöhenänderung erzeugen:

$$\varphi - \varphi_0 = x \cos \lambda + y \sin \lambda \quad (2)$$

Hat man eine Gruppe gleichzeitiger Bestimmungen von  $\varphi - \varphi_0$  auf möglichst verschiedenen Längen  $\lambda$ , so kann man daraus die Konstanten  $x$  und  $y$  durch Ausgleichung bestimmen, und zwar nach denselben Formeln, welche z. B. in diesem Bande § 6. für periodische Schraubenfehler S. 45—48 angewendet wurden.

Das Ergebnis der hiernach geführten Ausgleichung ist in Fig. 5. S. 161 gezeichnet. Diese Figur ist nicht dem Anblick am Himmel entsprechend, sondern sie ist so gedacht, als ob der Beobachter ausserhalb der Erde steht und auf die Erdoberfläche sieht. Der Coordinaten-Nullpunkt stellt den mittleren Pol mit der Polhöhe  $\varphi_0$  vor und die verschiedenen Kurvenpunkte sind die Momentan-Pole zu verschiedenen Zeiten mit den Polhöhen  $\varphi$ . Die  $+x$  Axe von Fig. 5. ist von dem mittleren Pol gegen Greenwich hin gerichtet und die  $+y$  Axe entspricht der Länge  $\lambda = 90^\circ$  westlich von Greenwich.

Liegt der Momentanpol  $P$  im ersten Quadranten des Coordinatensystems (zwischen  $+x$  und  $+y$ ), so befindet sich  $P$  für alle Orte, deren Länge  $\lambda$  zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  beträgt, näher an diesem Orte als  $P_0$ , d. h. es ist der Polabstand  $90^\circ - \varphi$  kleiner als  $90^\circ - \varphi_0$  oder es ist  $\varphi$  grösser als  $\varphi_0$ , oder es gilt auch in diesem Sinne die Gleichung (2).

## § 26. Bedeutung der geographischen Coordinaten in der Geodäsie.

Unter geographischen Coordinaten eines Punktes auf der krummen Erdoberfläche versteht man die geographische Breite und die geographische Länge des Punktes in der bekannten, schon in der elementaren Geographie geläufigen Bedeutung, welche auf dem Umdrehungs-Ellipsoid Gegenstand weiterer Betrachtung im Nachfolgenden sein werden.

Nach der Mitteilung von § 25. über die Veränderlichkeit desjenigen astronomisch-geodätischen Elementes, welches man seit Jahrtausenden als das festeste von allen gehalten hatte, haben wir noch einige Worte zu sagen über die Bedeutung, welche die geographischen Breiten und die dazu gehörigen Längen und Azimute in der *Geodäsie* spielen:

Auch wenn von der jetzt konstatierten Veränderlichkeit dieser Elemente abgesehen wird, ist deren Messungsgenauigkeit, im günstigsten Fall,  $0,1''$  bei weitem noch nicht entsprechend der geodätischen Punktbestimmung auf der Erde, welche linear auf weite Entfernungen etwa  $\pm 0,1$  Meter und auf kurze Entfernungen  $\pm 0,01$  Meter beträgt. Da nun eine Breitensekunde rund  $= \frac{10\,000\,000}{324\,000} = 31$  Meter giebt, also  $0,1''$  immer noch 3 Metern entspricht, kann die astronomische Genauigkeit der geodätischen Punktbestimmung noch bei weitem nicht folgen.

Dazu kommen aber noch die Lotabweichungen (vgl. Einleitung S. 11—12), welche auf den Verlauf einer Dreieckskette leicht mehrere Sekunden bringen kann, so dass also von der Übereinstimmung der astronomischen Breiten- und Längenbestimmung mit der geodätischen Punktbestimmung in Hinsicht auf Messungsschärfe keine Rede sein kann.