

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik =
Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 36 (1938)

Heft: 7

Artikel: Die Beziehungen zwischen schweizerischen und italienischen
geographischen Koordinaten

Autor: Kobold, F. v.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-197308>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

systeme et le but à atteindre. Dans certains cas on doit s'interdire a priori toute déformation autre qu'un changement d'échelle uniforme sur toute l'étendue du réseau. Cette hypothèse mise à part on sera souvent appelé dans la pratique à transformer les coordonnées; il convient d'étudier alors parallèlement le choix du système et le mode de distribution des mailles. La diversité des solutions suggérées à ce jour est un indice de la complexité du problème.

Die Beziehungen zwischen schweizerischen und italienischen geographischen Koordinaten.

Von Dipl.-Ing. *F. v. Kobold*, Eidg. Landestopographie, Bern.

I. *Allgemeines über die Transformation geographischer Koordinaten.*

In den Jahren 1926 bis 1936 ist die schweizerisch-italienische Grenze neu bereinigt und nachher von beiden Ländern durch unabhängige Messungen und Berechnungen in ihr Landesvermessungssystem einbezogen worden. Ein Vergleichen der Resultate war nur auf dem Wege über die geographischen Koordinaten möglich. Demzufolge wurden von beiden Staaten geographische Länge und Breite aller Grenzsteine und Grenzmarken, sowie einer großen Zahl von in der Nähe der Grenze gelegenen trigonometrischen Punkten gerechnet. Über die Berechnungsverfahren der Schweiz und über die allgemeine Aufgabe der Transformation orientiert der Aufsatz von W. Lang: „Schweizer geographische Koordinaten“ in dieser Zeitschrift, Jahrgang 1926. Zwischen schweizerischen und italienischen geographischen Koordinaten bestehen Differenzen, die von der Lage des betrachteten Punktes abhängig sind und deren gesetzmäßige Bestandteile durch Transformationsformeln erfaßt werden sollen. Sie rühren von den verschiedenen Grundlagen der beiden Landesvermessungssysteme her.

Sowohl die Schweiz als auch Italien benützen die *Erddimensionen von Bessel*; indessen bezieht sich das italienische Ellipsoid auf Breite und Meridianrichtung im Nullpunkt Rom (Monte Mario), während sich das schweizerische auf die entsprechenden Werte der Sternwarte Bern stützt. Diese Berechnungsgrundlagen sind, außer mit zufälligen, meist mit beträchtlichen systematischen Fehlern behaftet, da die astronomisch ermittelten Größen von Breite und Azimut ohne jede Reduktion als Grundwerte der Ellipsoide angenommen werden. Italien und die Schweiz rechnen daher auf gleich großen, jedoch anders gelegenen und anders orientierten Sphäroiden, so daß zwischen den Koordinaten desselben Punktes Differenzen entstehen. Eine weitere Ursache solcher Unterschiede liegt darin, daß die beiden Triangulationsnetze verschiedene Maßstäbe haben, weil die Ausgangsseiten nicht fehlerfrei sind.

Die Grundelemente einer selbständigen Landesvermessung enthalten also folgende Fehler, die auf die geographischen Koordinaten von Einfluß sind:

1. *Der Fehler der Nullpunktsbreite dB_0 .*

Es sei die Breite B_0 um dB_0 verfälscht. Aus der geometrischen Anschauung läßt sich ohne weiteres sagen, daß alle Punkte des nicht zu ausgedehnten Vermessungsgebietes in der Breite Fehler von der Größe des dB_0 aufweisen werden.

2. *Der Fehler der Nullpunktslänge ΔL_0 .*

In den meisten Landesvermessungssystemen werden die Längen vom Meridian durch den Koordinatennullpunkt aus gezählt, so daß streng genommen von einem Längenfehler des Nullpunktes nicht gesprochen werden kann. Um jedoch die Länge eines Punktes von einem System in ein anderes zu übertragen, muß in die Rechnung die Längendifferenz ΔL_0 der zwei Nullpunkte eingeführt werden, wobei sich ΔL_0 aus der durch die astronomischen Messungen gegebenen Längendifferenz und einen durch Rechnung zu bestimmenden Fehler zusammensetzt. Liegen keine Meßresultate für den Längenunterschied vor, so darf das ganze ΔL_0 als Fehler an der Nullpunktslänge L_0 aufgefaßt werden. Es ist einleuchtend, daß eine Änderung des L_0 um ΔL_0 für alle Punkte dieselbe Längenänderung ΔL_0 zur Folge hat.

3. *Fehler in der Meridianrichtung ($d\alpha_0$).*

Die Orientierung des Triangulationsnetzes geschieht durch Übertragung der Meridianrichtung des Nullpunktes auf die Ausgangsseite. Wegen der Fehler im Nullpunktazimut und in der Übertragung erfährt das wahre Azimut dieser Seite eine Veränderung, die mit $d\alpha_0$ bezeichnet sei. Dadurch erleidet das ganze Netz, d. h. jede Richtung zwischen zwei beliebigen Triangulationspunkten eine Verdrehung um $d\alpha_0$. Alle Punkte werden Veränderungen in Länge und Breite aufweisen.

4. *Fehler in der Länge der Ausgangsseite ds .*

Dieser Fehler bringt eine Vergrößerung oder Verkleinerung des ganzen Netzes mit sich, das sich selber ähnlich bleibt, so daß mit einer einheitlichen Längenverzerrung $d\sigma$ der Streckeneinheit gerechnet werden darf, wobei

$$ds = d\sigma \cdot s$$

ist. Die Fehler der Länge sind der Längendifferenz, die der Breite der Breitendifferenz gegenüber dem Nullpunkt proportional.

Um nun die Einflüsse der vier Fehlerursachen dB_0 , ΔL_0 , $d\alpha_0$ und $d\sigma$ auf einen beliebigen Punkt P , der gegenüber dem Nullpunkt die Breitendifferenz ΔB und die Längendifferenz ΔL aufweist, analytisch zu erfassen, denken wir uns P durch eine geodätische Linie mit O verbunden. Stellen wir die analytische Form dieser Kurve so auf, daß die Breite B und die Länge L des Punktes P Funktionen von α_0 , dem Azimut der geodätischen Linie im Nullpunkt, s , der Länge des Kurvenstückes zwischen O und P , und B_0 werden, so folgen durch Differenziation die gesuchten Fehlereinflüsse, die zusammengestellt die Transformationsgleichungen ergeben.

Diese sind also Funktionen der vier Unbekannten dB_0 , ΔL_0 , $d\alpha_0$ und $d\sigma$. Zu deren Ermittlung sind vier Gleichungen nötig, die sich anhand von zwei, beiden Systemen angehörenden Punkten aufstellen lassen. Wäre die Triangulation fehlerfrei, so würde man aus beliebig gewählten Punkten genau dieselben Werte für die Unbekannten erhalten. Tatsächlich sind die Koordinaten der Vergleichspunkte mit Fehlern behaftet, die unsere Rechnungsschärfe weit übersteigen; die gesuchten Größen werden daher je nach Wahl der Punkte verschieden ausfallen. Durch eine Ausgleichung, die alle oder einen großen Teil der gemeinsamen Punkte berücksichtigt, suchen wir zu mittlern Werten zu gelangen. Wir werden die Methode der kleinsten Quadrate anwenden, obwohl die Voraussetzungen hiezu nicht streng erfüllt sind. Das Verfahren hat aber den Vorteil, daß sich die ausgeglichenen Werte (ohne wahrscheinlichste zu sein) den ursprünglichen Differenzen gut anpassen, und daß der Rechnungsgang einfach ist.

Alle diese Überlegungen gehen von der Annahme aus, daß die Triangulation keine weitem systematischen Fehler aufweise, so daß die nach der Ausgleichung bleibenden Fehler mehr oder weniger zufälliger Natur sind. In guten Netzen ist dies weitgehend der Fall, wie die Beispiele zeigen werden.

Die Strenge der Formeln soll der dem Problem eigenen Genauigkeit entsprechen. Da die mittlern zufälligen Punktfehler 3 cm erreichen können und nicht selten erheblich größer sind, so genügt für die Transformationsbeträge eine Genauigkeit von 0". 001. Die maximale Ausdehnung des Vermessungsgebietes betrage 250 km in den Richtungen Nord-Süd und Ost-West. Durch diese Beschränkung auf geringe, jedoch hinreichende Rechenschärfe wird die Herleitung der Transformationsgleichungen stark erleichtert.

II. Herleitung der Transformationsformeln.

Wir benützen zur Herleitung der Differentialausdrücke der geodätischen Linie die Gauß'schen Mittelbreitenformeln in der Darstellung von Jordan (Band III, 6. Aufl., S. 456).

$$(1) \quad \log \Delta L = \log \left(\frac{[2] \cdot s \cdot \sin \alpha_m}{\cos B_m} \right) + [3] l^2 \sin^2 B_m + [4] b^2$$

$$\log \Delta B = \log ([1] \cdot s \cdot \cos \alpha_m) + [5] l^2 \cos^2 B_m + [6] b^2$$

$$\log \Delta \alpha = \log ([2] \cdot s \cdot \sin \alpha_m \cdot \log B_m) + [7] \cdot l^2 \cos^2 B_m$$

$$+ [8] b^2 + [3] l^2 \sin^2 B_m - [4] b^2$$

worin B_m die mittlere Breite, α_m das mittlere Azimut, ΔB die Breiten-differenz, ΔL die Längendifferenz der Punkte P und O und $\Delta \alpha$ die Differenz der Azimute in P und O bedeuten, während die Koeffizienten [1] bis [8] durch Tabellen gegeben sind. In den Gliedern höherer Ordnung werden als Abkürzungen eingeführt

$$(1a) \quad \begin{aligned} l \cdot \sin B_m &= [2] \cdot s \cdot \sin \alpha_m \cdot \operatorname{tg} B_m \\ l \cdot \cos B_m &= [2] \cdot s \cdot \sin \alpha_m \\ b &= [1] \cdot s \cdot \cos \alpha_m \end{aligned}$$

Zunächst soll bewiesen werden, daß für Differentialbetrachtungen die quadratischen Glieder der Fundamentalformeln (1) ohne Einfluß sind. Sie erreichen ihre Höchstwerte, wie die Formeln (1a) zeigen, in den äußersten Punkten des Koordinatensystems. Wählen wir das maximale s in Richtung der Achsen zu 250 km, so folgen daraus

$$\Delta B_{\max} \sim b_{\max} \sim 2-3^\circ; \operatorname{arc} \Delta B_{\max} \sim 0.05$$

und für mittlere Breiten, für die in (1a) $\sin B_m = \cos B_m \sim \frac{1}{\sqrt{2}}$ gesetzt werden darf

$$\Delta L_{\max} \sim l_{\max} \sim 3-4^\circ; \operatorname{arc} \Delta L_{\max} \sim 0.07$$

Von den quadratischen Gliedern ist

$$(1b) \quad [5] \cdot l^2 \cos^2 B_m$$

am meisten veränderlich, da von allen Koeffizienten [1] bis [8] der Wert [5] am meisten mit der Breite variiert, wie die Tabellen in Jordan III zeigen. Läßt sich daher für das quadratische Glied (1b) beweisen, daß es bei kleiner Veränderung des B_m praktisch unverändert bleibt, so ist dies für alle Glieder derselben und höherer Ordnung auch der Fall. Eine Veränderung um dB_m hat den Einfluß

$$(1c) \quad l^2 \cos^2 B_m \frac{\partial}{\partial B} [5] dB_m - [5] \cdot l^2 \cdot \sin 2 B \cdot dB_m$$

Wählen wir dB_m maximal gleich $10''$, so wird nach der Tabelle S. 54 in Jordan III der maximale logarithmische Zuwachs von [5] 5.5 Einheiten der fünften Mantissenstelle. Setzen wir weiter $\Delta L = 4^\circ$ und $\cos^2 B_m = 0.5$, so wird das erste Glied in (1c)

$$l^2 \cdot \cos^2 B_m \cdot \frac{\partial}{\partial B} [5] dB = 0.24$$

d. h. $\log \Delta B$ erleidet eine Änderung von 0.24 Einheiten der siebenten Mantissenstelle, was bei $\Delta B = 3^\circ$ den zu vernachlässigenden Betrag von $0''.00042$ ausmacht. Führt man im Ausdruck

$$[5] l^2 \cdot \sin 2 B_m \cdot dB_m$$

$\sin 2 B_m = 1$ ein, so wird die siebente Mantissenstelle von $\log \Delta B$ um 0.0002 Einheiten verändert; auch dieses zweite Glied spielt daher keine Rolle.

Wir ersetzen in den Gleichungen (1) die Koeffizienten [1] und [2] durch Normal- und Querkrümmungsradius und gehen auf Arcusmaß über, so daß uns für die Differentiation als Fundamentalgleichungen bleiben

$$(2a) \quad \Delta L = \frac{1}{N} \frac{s \cdot \sin \alpha_m}{\cos B_m}$$

$$(2b) \quad \Delta B = \frac{1}{M} \cdot s \cdot \cos \alpha_m$$

$$(2c) \quad \Delta \alpha = \frac{1}{N} \cdot s \cdot \sin \alpha_m \cdot \operatorname{tg} B_m = \Delta L \cdot \sin B_m$$

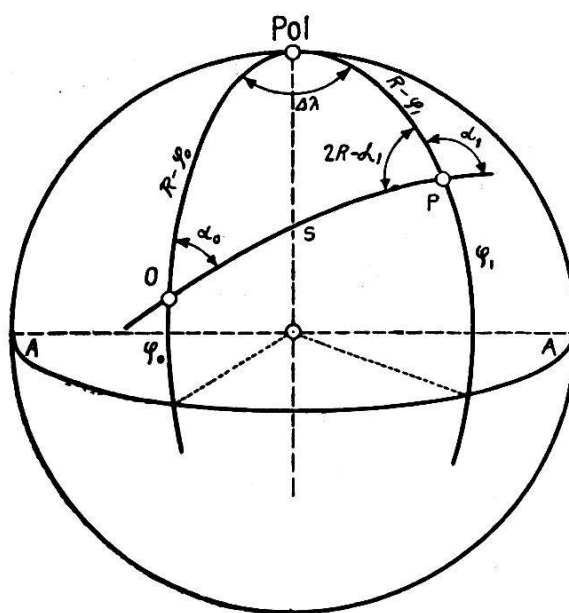
Läßt man hier s zu ds werden, so entstehen die bekannten Differentialgleichungen der geodätischen Linie, was zu erwarten war, da ja die Formeln (1) durch Mac-Laurin'sche Reihenentwicklung aus diesen Ausdrücken hergeleitet werden.

Die Genauigkeit der Gleichungen (2a) bis (2c) ist auch hinreichend, wenn später in den Differentialformeln ΔL und ΔB einzuführen sind. Das einflußreichste Glied (1b) erreicht für $l_{\max} = 4^\circ$ den Wert von 3600 Einheiten der siebenten Mantissenstelle und macht demnach für ΔB_{\max} $9''$ oder in Arcusmaß $5 \cdot 10^{-5}$ aus, was als Faktor immer bedeutungslos sein wird.

a) *Der Einfluß einer Veränderung der Breite des Nullpunktes.*

Ändert die Breite B_0 um dB_0 , so ändern damit B_m und α_m , und infolge des veränderten B_m auch M und N . Bei der Ableitung der Ausdrücke (2a) und (2b) nach B_0 werden wir daher die partiellen Differentialquotienten $\frac{\partial B_m}{\partial B_0}$ und $\frac{\partial \alpha_m}{\partial B_0}$ nötig haben, die wir aus den Gleichungen (2) nicht ohne weiteres bilden können. Wir führen an ihrer Stelle die entsprechenden, kurz herzuleitenden Ausdrücke für die Kugel ein und werden dann aus der Größe der Glieder schließen können, ob die Näherung genügt, oder ob ellipsoidische Differentialquotienten nötig sind.

In der in Figur 1 dargestellten Kugel sei S das Großkreisbogenstück zwischen O und P ; φ_0 und φ seien die Kugelbreiten, $\Delta\lambda$ die Kugellängendifferenz, α_0 und α_1 die Azimute in O und P . Im sphärischen Dreieck $O-P$ -Pol sind daher $(90 - \varphi_0)$, α_0 und s gegeben, und φ_1 und ds als deren Funktionen darzustellen. Untersuchen wir zunächst die Veränderung des φ_1 als Funktion der Veränderung von φ_0 , so gibt der Cosinus-Satz



Figur 1

$$\sin \varphi_1 = \cos s \cdot \sin \varphi_0 + \sin s \cdot \cos \varphi_0 \cdot \cos \alpha_0$$

und daraus folgt durch Differentiation nach φ_0

$$\cos \varphi_1 \cdot d\varphi_1 = \cos s \cdot \cos \varphi_0 \cdot d\varphi_0 - \sin s \cdot \sin \varphi_0 \cdot \cos \alpha_0 \cdot d\varphi_0$$

was auf Grund der Beziehung zwischen den 5 Stücken geschrieben werden darf

$$= \cos \varphi_1 \cdot \cos \Delta\lambda \cdot d\varphi_0$$

woraus folgt

$$(3a) \quad d\varphi_1 = \cos \Delta\lambda \cdot d\varphi_0$$

Für die Veränderung des α_1 infolge Veränderung des φ_0 gehen wir vom Sinussatz

$$\sin \alpha_1 = \cos \varphi_0 \frac{\sin \alpha_0}{\cos \varphi_1}$$

aus, der differenziert

$$\cos \alpha_1 \cdot d\alpha_1 = \frac{-\sin \alpha_0}{\cos \varphi_1} \cdot \sin \varphi_0 \cdot d\varphi_0 + \frac{\cos \varphi_0 \cdot \sin \alpha_0}{\cos^2 \varphi_1} \cdot \sin \varphi_1 \cdot d\varphi_1$$

liefert, wo $d\varphi_1$ durch den Ausdruck (3a) ersetzt werden darf. Wenden wir auf das erste Glied rechts den Sinussatz an, so entsteht

$$\cos \alpha_1 \cdot d\alpha_1 = - \frac{d\varphi_0}{\cos \varphi_1 \cdot \cos \alpha_1} \left\{ \sin \alpha_0 \cdot \sin \varphi_0 - \sin \alpha_1 \cdot \sin \varphi_1 \cdot \cos \Delta\lambda \right\}$$

was nach der Beziehung zwischen den 5 Stücken gleich zu setzen ist

$$+ \frac{d\varphi_0}{\cos \varphi_1 \cdot \cos \alpha_1} \cdot \cos \alpha_1 \cdot \sin \Delta\lambda$$

so daß schließlich bleibt

$$(3b) \quad d\alpha_1 = \frac{\sin \Delta\lambda}{\cos \varphi_1} d\varphi_0 \sim \frac{\Delta\lambda}{\cos \varphi_1} d\varphi_0$$

weil für alle in Betracht fallenden Punkte $\Delta\lambda = \sin \Delta\lambda$ gesetzt werden darf.

Mit diesen Kugelausdrücken, die wir als Näherungswerte für die Veränderung der mittlern Breite B und des mittlern Azimutes α einführen, können wir die Differentiation von ΔB und ΔL nach B_0 durchführen. (Fortsetzung folgt.)

Schweizerischer Geometerverein.

Protokoll

*der XXXIV. Hauptversammlung vom 19. Juni 1938, 10 Uhr
im Rathausaal Bern.*

Vorsitz: Zentralpräsident S. Bertschmann.

Teilnehmerzahl: 150.

1. Eröffnung und Konstituierung.

Zentralpräsident Bertschmann eröffnet um 10 Uhr die XXXIV. Hauptversammlung des Schweizerischen Geometervereins. Er gibt seiner Freude Ausdruck, eine selten große Anzahl Vereinsmitglieder begrüßen