

Zeitschrift:	Cartographica Helvetica : Fachzeitschrift für Kartengeschichte
Herausgeber:	Arbeitsgruppe für Kartengeschichte ; Schweizerische Gesellschaft für Kartographie
Band:	- (1993)
Heft:	8
Artikel:	Zur Genauigkeitsbeurteilung alter Karten
Autor:	Bretterbauer, Kurt
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-5363

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 31.01.2026

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

Zur Genauigkeitsbeurteilung alter Karten

Kurt Bretterbauer

Es ist wohl von einigem Interesse, die Genauigkeit alter Karten zu untersuchen. Doch welches Kriterium sollte angewendet werden? Die Informationen, die seinerzeitige Benutzer solchen alten Karten entnehmen wollten, bezogen sich, nicht viel anders als heute, auf Ortsnamen, auf die Lage von Gebirgen, Flüssen und Wegen, vor allem aber auf die gegenseitigen Entfernung von Ortschaften. Da ein Abbildungsgesetz bei alten Karten meist nicht gegeben, eine Untersuchung nach der Theorie von *N. A. Tissot* (1824 bis um 1890) also nicht möglich ist, bietet sich ein Vergleich von ausgewählten Kartendistanzen mit den entsprechenden «wahren» Distanzen an.

In einer kürzlich publizierten Arbeit (1991), geht *Peter Mekenkamp* eben von diesem Gedanken aus, führt ihn aber weiter, indem er die Lagegenauigkeit einzelner ausgewählter Punkte sichtbar macht. Das Verfahren ist sehr einfach und eignet sich hervorragend für die Untersuchung alter Karten. Im folgenden soll gezeigt werden, wie man das Verfahren mit einer in der Geodäsie weitverbreiteten Methode ergänzen und die Genauigkeitsaussage präzisieren kann.

Zunächst sei das Verfahren von Mekenkamp kurz erläutert. Es wird eine Anzahl n wohldefinierter Kartenpunkte ausgewählt, ihre Lage digitalisiert und die gegenseitige Entfernung aller Punkte in Millimetern (oder in Zoll, wie das bei den Digitalisiertablets meist gegeben ist) berechnet. Einer modernen Karte werden die geographischen Koordinaten derselben Punkte entnommen und ihre «wahren» Distanzen in Kilometern berechnet. Sodann ermittelt Mekenkamp aus der Summe aller $n(n-1)/2$ möglichen Kartendistanzen zwischen den n Punkten und der Summe der entsprechenden «wahren» Distanzen einen durchschnittlichen Kartenmassstab, mit dem die «wahren» Distanzen auf Kartenmass reduziert werden.

Nun werden die Differenzen zwischen den Kartendistanzen und ihren reduzierten wahren Werten in Prozent ausgedrückt. Bildet man für jeden Punkt i die statistische Standardabweichung dieser Entfernungsdifferenz zu allen anderen $(n-1)$ Punkten, so hat man ein Mass für die Güte der Lage dieses Punktes in bezug auf alle übrigen Punkte gewonnen. Mekenkamp nimmt dieses Mass als Radius eines Kreises, den er um den jeweiligen Punkt schlägt. Damit gelingt ihm eine Visualisierung der Genauigkeitsverhältnisse. Je grösser der Kreis, desto schlechter ist die Lage des Punktes bestimmt. Um die Kreise in ein vernünftiges Verhältnis zur Karte zu bringen, wird man ihre Radien mit einem Proportionalitätsfaktor erweitern. Die

Kreise stellen dann natürlich nur ein relatives Genauigkeitsmass dar.

Das Verfahren ist mathematisch leicht zu beschreiben. Es sei n die Anzahl der ausgewählten Punkte, i und j bezeichnen Indizes, die jeweils von 1 bis n laufen. Die Matrix der Kartendistanzen sei D , jene der wahren Distanzen D :

$$d = \{d_{ij}\}, \quad D = \{D_{ij}\}. \quad (1)$$

Diese Matrizen, wie auch alle folgenden, sind gleich ihren Transponierten und in den Hauptdiagonalen stehen Nullen. Der durchschnittliche Kartenmassstab $1:m$ errechnet sich aus:

$$m = \frac{\sum D_{ij}}{\sum d_{ij}} \quad (2)$$

Bezeichnet D^* die Matrix der reduzierten wahren Distanzen, so lautet die Matrix der in Prozent ausgedrückten Differenzen:

$$p = 100 \frac{d - D^*}{D^*}. \quad (3)$$

Die Standardabweichung für jeden Punkt i ist zeilenweise aus der Matrix p zu bilden, also:

$$S_i = \pm \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n p_{ij}^2}{n-1}}. \quad (4)$$

Das Verfahren von Mekenkamp zeichnet sich durch den Vorzug aus, die innere Genauigkeit einer Karte nicht nur lokal, sondern im Durchschnitt über die ganze Karte zu ermitteln und diese Genauigkeit dann lokal sichtbar zu machen. Das Verfahren ist sehr einfach zu programmieren und sehr effizient, dennoch nicht restlos befriedigend. Es zeigt nämlich nur, welche Punkte einer alten Karte schlecht bestimmt sind, nicht aber, in welcher Weise deren Lage verfälscht ist und wie sie zu verbessern wäre. Gerade zu diesem Problem verfügt die Geodäsie in der Methode der Ausgleichsrechnung über geeignete Verfahren. Solche Verfahren liefern eine optimale Anpassung an die «wahren» Lage ausgewählter Punkte und auch jene Vektoren, die eine notwendige Verschiebung von der Ist- in die Soll-Lage anzeigen. Diese Vorgehensweise wurde schon von *Rüdiger Finsterwalder* bei der Untersuchung alter Kartierungen Bayerns gewählt.

Das Verfahren von Mekenkamp und seine ausgleichstheoretische Erweiterung wird im folgenden am Beispiel der Übersichtskarte zum *Atlas tyrolensis* von *Peter Anich* und *Blasius Hueber* erprobt und demonstriert (Abb. 1).

Die sogenannte «Bauernkarte» von Tirol zählt zu den schönsten Beispielen alter Feldmess- und Kartenkunst. Detailreichtum und Genauigkeit heben das Werk über andere kartographische Erzeugnisse des 18. Jahrhunderts hinaus. Das Kartenwerk wurde

1774 von *Johann Ernst Mansfeld* in Wien in Kupfer gestochen und fand als «Atlas tyrolensis» weite Verbreitung (der genaue Titel der Karte ist sehr lang). Dem Werk wurde eine Übersichtskarte (Registerbogen) beigegeben. Der Atlas selbst umfasst 20 Blätter im Massstab 1:103 800, das Übersichtsblatt ist im Massstab 1:545 000 gehalten. 1974 erschien ein Faksimiledruck nach einer Originalausgabe im Besitz des Tirolers Landesarchivs in Innsbruck. Für die vorliegende Untersuchung wurde das Übersichtsblatt aus Gründen der Anschaulichkeit gewählt. Eine umfangreichere Untersuchung aller 20 Blätter ist vorgesehen, eventuell im Rahmen einer Diplomarbeit.

Eine eingehende historisch-geographische Studie wurde 1885 von *Heinrich Hartl* verfasst. Darin wird auch die Lagegenauigkeit der Anich-Karte untersucht. Dazu hat Hartl die geographischen Breiten und Längen von 44 Orten (und nicht von 56 Orten, wie der Herausgeber des Faksimile-Nachdruckes, *H. Kinzl*, in seinem Vorwort schreibt) den Karten entnommen und mit den Angaben der Spezialkarte der österreichisch-ungarischen Monarchie 1:75 000 verglichen. Hartl kommt zum Schluss, dass diese Orte eine durchschnittliche Lagegenauigkeit von $\pm 0.5'$ in der Breite und von $\pm 0.8'$ in der Länge haben. Auffällig ist ein systematischer Fehler von mehr als $2'$ in allen Breiten der Anich-Karte. Peter Anich hat an zahlreichen Orten Mittagshöhen der Sonne gemessen. In seinem Heimatort Oberperfuss hat er zur Eintübung Serien von Polaris- und Sonnenbeobachtungen ausgeführt. Leider kam Anich, wie Hartl nachweist, durch Vergleich der Sonnenbeobachtungen mit jenen des Polarsterns zu der irrgigen Meinung, dass Sonnenhöhen die Breite stets um $2'$ zu klein angeben. Über eventuelle Längenbestimmungen findet sich in den Aufzeichnungen von Anich kein Wort. Feldbeobachtungen der geographischen Länge wären zu dieser Zeit auch sensationell gewesen. Die «innere» Genauigkeit ist nach den Untersuchungen von Hartl weit grösser als die der absoluten Lage.

Bei der Anwendung des Verfahrens von Mekenkamp und seiner ausgleichstheoretischen Erweiterung auf das Übersichtsblatt stellen sich sofort zwei Fragen. Zum einen stammt dieses Übersichtsblatt nicht unmittelbar von Anich oder Hueber, sondern wurde wahrscheinlich vom Kupferstecher Mansfeld, oder vom Wiener Professor der Mechanik *P. Walcher S. J.*, der den Stich beaufsichtigt hat, konzipiert. Müssten nun eventuell festgestellte Mängel den für den Stich verantwortlichen Männern, oder dem



Abb. 1. Übersichtskarte des «Atlas tyrolensis» von Peter Anich und Blasius Hueber, 1774. Massstab 1:545 000, Format 43,7 x 43,7 cm.

P. Anich angelastet werden? Das Übersichtsblatt entstand immerhin durch Verkleinerung des Originals mit Hilfe von Reduktionszirkeln. Zum zweiten sind in den 20 «grossen» Kartenblättern alle durch Einschneiden bestimmten Kirchen, Bergspitzen und übrigen prominenten Landmarken durch kleine Kreise markiert. Orte also, die sich häufig auf modernen Karten eindeutig identifizieren lassen. Diese Kreise fehlen im Übersichtsblatt. Berge, Klöster, Kirchen und ganze Ortschaften sind in perspektivischer Manier nur durch Symbole dargestellt und sicher nicht lagerichtig.

Auf was konnte man sich also stützen? Als einzige markante Punkte, deren Lage im Übersichtsblatt als korrekt angenommen werden konnte, blieben die Einmündungen

von Nebenflüssen in übergeordnete Gerinne, die sich in der Regel auch auf modernen Karten identifizieren liessen. 45 solcher Punkte wurden für die Untersuchung ausgewählt. Als Vergleichsbasis wurden die folgenden sechs Blätter der alten Ausgabe der österreichischen Übersichtskarte 1:200 000 herangezogen: 4829 Kufstein, 4727 Glurns, 4728 Innsbruck, 4729 Bruneck, 4627 Sondrino und 4628 Trient.

Das Ergebnis der Untersuchung zeigt die Abbildung 2. Sofort fällt der merkwürdige Umstand auf, dass die Genauigkeit der Lage der Punkte in Nordtirol, besonders im Inntal, schlechter ist als jene der Punkte in Südtirol. Die Ursache bleibt vorerst unklar, könnte aber in der schwierigen Topographie Nordtirols liegen.

Mekenkamp hat leider versäumt, ein absolutes Mass für die Genauigkeit der Karte als Ganzes zu definieren. Als solches wurde die Standardabweichung aller 990 Kartendistanzen von ihren wahren Werten, ausgedrückt in Prozent, gewählt. Dieser Wert ergab sich zu:

$$S = \pm 5.9\%.$$

Das heisst, im statistischen Durchschnitt weicht eine auf dem Übersichtsblatt gemessene Distanz von ihrem wahren Wert um 5.9% ab, ein durchaus respektables Ergebnis.

Von einem Interesse und in Ergänzung zur Methode von Mekenkamp ist die Frage, wie die ausgewählten Punkte zu verschieben wären, um sie in eine bessere Lage zu bringen, was ja gleichbedeutend mit der Frage

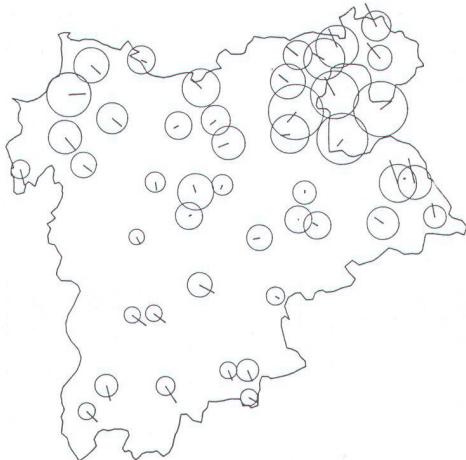


Abb. 2. Genauigkeitsuntersuchung anhand der Übersichtskarte des «Atlas tyrolensis» nach der Methode von Mekenkamp (Kreisdarstellung), mit ausgleichstheoretischer Erweiterung (Richtungsvektoren).

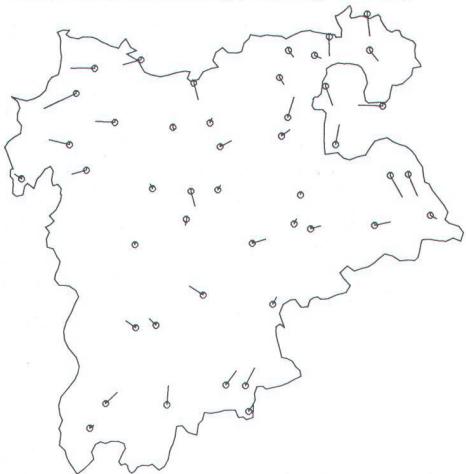


Abb. 3. Genauigkeitsuntersuchung nach Stanek mit der Methode der Ausgleichsrechnung.

ist, in welcher Weise die ausgewählten Punkte falsch liegen. Ein primitives Verfahren ist folgendes: Man reduziert die wahren Koordinatenwerte auf den Kartenmassstab und bringt die Schwerpunkte beider Punkthäufen zur Deckung. Dann kann man die Verschiebung der Istlage auf die Sollage berechnen und in der Karte darstellen. Die Abbildung 2 zeigt diese Verschiebungsvektoren, die zur besseren Verdeutlichung mit dem Faktor 2 multipliziert wurden.

Eine anspruchsvollere Vorgehensweise, deren Details hier allerdings nicht dargestellt werden können, bedient sich der Methode der Ausgleichsrechnung. Der «falsche» Punkthäufen soll dem korrekten Punkthäufen optimal angenähert werden, bei gleichzeitiger Minimierung der Quadratsumme der auftretenden Verschiebungen. Diese «Auffelderung» hat Dr. Heinz Stanek, Abteilung Landesvermessung der TU Wien, mit seinem Computerprogramm «ANAG» durchgeführt. Das Ergebnis zeigt Abbildung 3. Die Verschiebungsvektoren, welche die falschen Punkte in ihre optimale Lage bringen, sind zur besseren Verdeutlichung wieder mit dem Faktor 2 erweitert.

Abschliessend kann festgestellt werden, dass im Verfahren von Mekenkamp in Verbindung mit der geschilderten Auffelderung ein

sehr geeignetes Mittel zur Genauigkeitsanalyse alter Karten vorliegt. Die beabsichtigte Bearbeitung aller 20 Blätter der Anich-Karte soll durch Einbeziehung von mehreren hundert Punkten geschehen. Eventuell soll auch das Gradnetz rekonstruiert werden, wie es sich aus der verfälschten Lage der Stützpunkte errechnen liesse. Auch dies hat R. Finsterwalder an bayerischen Karten demonstriert. Dann wird eine abschliessende Beurteilung der Güte des *Atlas tyrolensis* nach modernen Kriterien möglich sein. Die nötigen Digitalisierungen für die vorliegende Untersuchung hat *Dipl. Ing. Martin Ploner* vorgenommen, wofür ihm auch hier gedankt sei.

Literatur

Finsterwalder, R. (1988): Massstab und Genauigkeit alter Karten – gezeigt an einigen Kartierungen Bayerns. In: Bayern im Bild der Karte – Cartographia Bavariae. Bayerische Staatsbibliothek. Verlag Anton H. Konrad.

Hartl, H. (1885): Die Aufnahme von Tirol durch Peter Anich und Blasius Hueber. Mitteilungen des k. k. Militär-geographischen Instituts, V. Band.

Kinzl, H. (Hrsg.) (1974): Peter Anich und Blasius Hueber: *Atlas tyrolensis*, 1774. Faksimiledruck nach einer Originalausgabe im Besitz des Tiroler Landesarchivs in Innsbruck.

Mekenkamp, P. G. M. (1991): Die Entwicklung einer neuen Methode für die Bestimmung der Genauigkeit alter Karten. 5. Kartographisches Kolloquium Oldenburg, 1990. Dietrich Reimer Verlag, Berlin.

Stanek, H. (1990): Analyseausgleich zur Interpretation geodätischer Lagenetze. Dissertation. Geowissenschaftliche Mitteilungen, TU Wien, Heft 36. (Siehe auch Rezension auf der folgenden Seite 50).

Tissot, N. A. (1881): Mémoire sur la représentation des surfaces et les projections des cartes géographiques. Gauthier-Villars, Paris.

Résumé

Récemment Peter Mekenkamp a publié une nouvelle méthode pour analyser la précision des cartes anciennes.

On choisit un certain nombre de points de la carte, définis sans ambiguïté, on numérisé leur position et on calcule les distances réciproques vers tous les autres points. Sur une carte moderne, on relève les coordonnées géographiques des mêmes points et on calcule leurs distances. A partir des différences entre les distances déterminées sur les deux cartes, une méthode statistique fournit l'écart moyen des distances en un point de la carte ancienne. En chaque point de celle-ci, cet écart moyen sera le rayon d'un cercle permettant de mettre en évidence la précision de la carte.

Ce procédé, simple mais très efficace, laisse cependant ouverte la question de la direction de ces erreurs et de la manière de les corriger. Dans le présent exposé, la réponse à ce problème est fournie par l'application d'un algorithme de calcul de compensation connu depuis longtemps en géodésie. Un tel procédé permet une adaptation optimale à la position «vraie» des points choisis et fournit aussi les vecteurs de déplacement entre la position effective et la position après correction.

L'exemple de la Carte générale de l'«Atlas tyrolensis» (1774), de Peter Anich et Blasius Hueber, explique la méthode de Mekenkamp, complétée par un calcul de compensation géodésique.

Summary

Recently a new method for analyzing old maps was published by Peter Mekenkamp. The author succeeds in visualizing the positional accuracy of selected points by comparing all map distances between these points with their «true» values reduced to map scale. For each point the standard deviation of the differences between map distances and «true» distances to all other points gives a measure for the positional accuracy of that point. This value is taken as the radius of a circle drawn around the point, thus making its positional accuracy visible.

However, this simple and efficient procedure leaves the questions unanswered of how these points are incorrectly located and how their position should be corrected. In the present paper this problem is solved by an adjustment using the least-squares method, a well-known algorithm in geodesy. The false points are brought into an optimal position with respect to the «true» location by minimizing the sum of the squares of the required displacements.

The method of Mekenkamp and its extension by a geodetic adjustment procedure are demonstrated on the general sheet of the «Atlas tyrolensis» (1774) by Peter Anich and Blasius Hueber.

Kurt Bretterbauer, o. Univ. Prof. Dr.,
Institut für Theoretische Geodäsie und Geophysik
Technische Universität Wien
Gusshausstrasse 27–29, A-1040 Wien

Brian Harley Fellowships

Research Fellowships are being set up in memory of J. B. Harley, who died in December, 1991. A group of trustees has been formed with Paul Harvey as Chairman, Tony Campbell as Secretary and Catherine Delano-Smith as Treasurer.

Applicants, who must live outside the London commuter belt, can be of any nationality and there will be no academic restrictions. The intention is to set up month-long fellowships to stay in London and use the libraries and archives in the city. These will principally be the British Library, the Royal Geographical Society, the National Maritime Museum and the Public Record Office. One requirement will be that applicants understand the procedures of these libraries for gaining access to their collections.

Your support counts: any donations, however large or small, will be gratefully received. You can make your donations in different ways to help the Trust to reach the target of £ 40 000, which allows 3 fellowships of one month's duration.

Further information from: Tony Campbell, The British Library, Map Library, Great Russell Street, London WC1B 3DG.