

Planimetrische Genauigkeit der Schöpfkarte

Autor(en): **Oehrli, Markus**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Cartographica Helvetica : Fachzeitschrift für Kartengeschichte**

Band (Jahr): - **(2020)**

Heft 60: **Die Schöpfkarte des bernischen Staatsgebiets von 1578**

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-860489>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Planimetrische Genauigkeit

der Schöpfkarte

Markus Oehrli

Einführung

Die Schöpfkarte stammt aus einer Zeit, als Vermessungen grösserer Gebiete weder üblich noch möglich waren. Dass die Karte im heutigen Sinn «ungenau» ist, dürfte nicht überraschen. Doch was heisst «ungenau»? Tatsächlich gibt es Verfahren, dank denen geometrische Eigenschaften der Karte ermittelt werden können.¹ Diese Verfahren sind eine Form der Quellenkritik und gehören in das kartographische Teilgebiet der Kartometrie, d.h. des Messens auf Karten. Eine Karte kann unter verschiedenen Aspekten «vermessen» werden:² In diesem Beitrag geht es primär um die planimetrische Genauigkeit, worunter die geometrische Zuverlässigkeit des Karteninhalts zu verstehen ist. Als Nebenaspekt werden die mathematischen Grundlagen der Kartenkonstruktion besprochen, soweit sie feststellbar sind (geodätische Genauigkeit). Hier kein Thema sind die Vollständigkeit und Klassierung der Kartenobjekte (topographische Genauigkeit) und die Datierung und Aktualität des Karteninhalts (chronometrische Genauigkeit).³

Die Schöpfkarte ist für die planimetrische Genauigkeitsanalyse eine Herausforderung, da sie aus 18 Blättern besteht. In allen überlieferten Exemplaren wurden jeweils mehrere Blätter zu grösseren Einheiten kombiniert.⁴ Der Kupferdruck auf befeuchtetes Papier und der beim Kaschieren verwendete Leim führte da und dort zu Papierverzug, also einer vom Kartenantor nicht gewollten unregelmässigen Deformation der Karte. Durch das ungenaue Zuschneiden und Überkleben kam es überdies zu Bildverlusten. Ohne entsprechende Korrekturen würde die Genauigkeitsanalyse keine brauchbaren Resultate liefern.

Mathematische Grundlagen der Kartenkonstruktion

Aus den geschilderten Gründen liess sich nicht eindeutig mit Messungen klären, ob der Kartenrahmen streng rechtwinklig oder doch leicht trapezförmig ist. Erst die Hinweise in der Kartusche auf Blatt 13 halfen weiter. Dort wird mitgeteilt, dass ein Gradbogenabschnitt von einem Längengrad oder einer Längenminute gleich lang sei, ungeachtet dessen, ob er am südlichen (oberen) oder nördlichen (unteren) Kartenrand gemessen werde.⁵ Im Weiteren verhalte sich das Seitenverhältnis eines Gradfeldes wie 35 zu 24.⁶ Da gleichzeitig die Meridiane und Breitenkreise mit dem Kartenrand zusammenfallen, ergibt sich daraus: Der Kartenrahmen ist streng rechtwinklig, und es wurde eine längentreue normalachsige Zylinderprojektion⁷ benutzt.

Eine Kartenprojektion reicht zur Kartenkonstruktion noch nicht aus. Zusätzlich müssen Kartenrahmen und Karteninhalt in geographischen Koordinaten

definiert sowie Orientierung und Massstab der Karte festgelegt werden. Da die Orte auf der Schöpfkarte nicht eigenständig vermessen, sondern nur relativ zu Bern eingepasst wurden,⁸ mussten mindestens die geographischen Koordinaten von Bern auf unabhängige Weise bestimmt werden. Hierfür stützte sich Schöpf auf zeitgenössische Autoritäten. Mit Verweis auf einen nicht näher genannten Astronomen in der Kartusche auf Blatt 13 liege Bern bei 46°54' Nord,⁹ was verglichen mit dem heutigen Wert für den Turm des Münsters von 46°56'51" Nord eine Differenz von rund 5300 Metern ergibt. Über die östliche Länge gibt die Chorographie vage Auskunft. Danach liege Bern nach der «neuesten Beschreibung des ganzen Erdkreises durch den hervorragenden Mathematiker Caspar Vopelius» bei 29°10' Ost.¹⁰ Allerdings ist kein Werk dieses deutschen Kartographen überliefert, aus dem ein solcher Wert hätte abgelesen werden können. Eventuell wurde auf Vopels Weltkarte von 1558 oder 1570 interpoliert, bei der Basel leicht westlich von 30° Ost liegt. Analog zu Vopels Weltkarte würde der Nullmeridian der Schöpfkarte durch die Kanarischen Inseln verlaufen.¹¹

Somit lässt sich festhalten, dass die absolute Position der Stadt Bern (und damit der Schöpfkarte als Ganze) auf der Erdkugel nur ungenau definiert wurde. Da die in der Chorographie aufgeführten Koordinatenwerte aus der Karte abgelesen wurden, sind diese ebenfalls mit einem systematischen Fehler behaftet.¹²

Ablauf der planimetrischen Genauigkeitsanalyse

Aufgrund der oben gemachten Feststellungen konnten die Koordinatenwerte in der Chorographie nicht für eine planimetrische Genauigkeitsanalyse berücksichtigt werden. Deshalb wurde die Software MapAnalyst¹³ benutzt, die Bildkoordinaten digitaler Dateien verarbeitet. Als Scanvorlage wurde ein Exemplar der Schöpfkarte benutzt, auf dem die Randlinien fast aller Blätter erkennbar sind.¹⁴ Zusammen mit der oben ermittelten Rechteckform erlaubte dies die digitale Montage einer entzerrten «idealen Karte». Als moderne Vergleichskarte diente die OpenStreetMap¹⁵, die für diesen Zweck als fehlerfrei angenommen wurde.

Auf beiden Karten wurden jeweils 1236 Passpunkte identifiziert und zu Paaren verknüpft, so dass jeweils ein Punkt auf der Schöpfkarte einem Pendant auf der OpenStreetMap entsprach. Bei der Auswahl der Passpunkte wurden nur benannte Ortschaften, Schlösser und Burgen berücksichtigt, vereinzelt auch weitere eindeutig identifizierbare Objekte. Als nicht geeignet erwiesen sich die Berge, da sie im Aufriss statt im Grundriss dargestellt sind. Aus den 1236 Passpunktpaaren wurden statistische, regionale, thematische und blattbezogene Subsets gebildet, zum Beispiel alle Passpunkte ohne statistische Ausreisser, alle Passpunkte innerhalb des bernischen Staatsgebiets, alle Kirchorte inklusive Burgen und

Autor
Markus Oehrli
Kartograph und Bibliothekar
Holzapfelweg 4
CH-3074 Muri BE
markus@oehrli.net

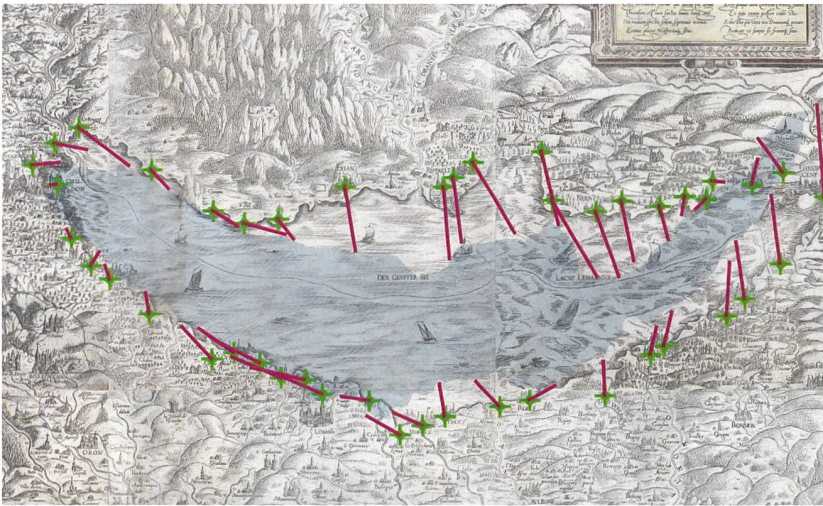


Abb. 1: Fehlervektoren im Gebiet des Lac Léman. Die untersuchten Orte auf der Schöpfkarte sind grün markiert (Ist-Lage), die roten Fehlervektoren zeigen zu den Punkten, an denen die Orte auf einer unverzerrten Karte liegen sollten (Soll-Lage). Zur visuellen Kontrolle der berechneten Soll-Lagen ist die unverzerrte Seefläche blau dargestellt. Helmert-Transformation (vier Parameter) auf der Basis von 45 Passpunkten.

Tab. 1: Wichtigste statistische Kennzahlen zur Genauigkeitsanalyse der Schöpfkarte. Die Massstabszahlen, Rotationswinkel und mittleren Punktfehler sind gerundete Näherungswerte, die aus der Affin-Transformation (sechs Parameter) der alten auf die neue Karte resultieren. Wenn nicht anders angegeben, sind alle Passpunkte im betreffenden Gebiet (inkl. Ausreisser) für die Affin-Transformation berücksichtigt worden.

Schlösser oder alle Passpunkte auf einem gegebenen Kartenblatt.

Auf der Basis der Koordinatenwerte der ausgewählten Passpunkte versucht MapAnalyst, das Bild der Schöpfkarte mit der modernen Vergleichskarte bestmöglich zur Deckung zu bringen. Das heisst, nach mathematisch strengen Regeln die Restfehler zu minimieren. Dafür gibt es verschiedene Verfahren. Das einfachste ist die Helmert-Transformation mit vier Parametern: je eine Verschiebung in der horizontalen und der vertikalen Achse sowie eine Massstabsänderung und eine Rotation.¹⁶ Sie genügt bei kleinen, relativ homogenen Karten oder Teilgebieten grösserer Karten. Für die grossformatige Schöpfkarte wurde eine Affin-Transformation mit sechs Parametern angewendet. Dabei werden die Verschiebungen, die Massstabsänderungen und die Rotationen in beiden Kartenachsen getrennt behandelt, also eine allfällige Scherung berücksichtigt.¹⁷ Alle berechneten Kennzahlen sind Näherungswerte. Je nach gewählter Transformation resultieren geringfügig unterschiedliche Werte. Deren Grössenordnung bleibt dennoch stabil.

Ergebnisse der planimetrischen Genauigkeitsanalyse

Die wichtigsten statistischen Kennzahlen sind der mittlere Massstab, die Rotation und der mittlere Punktfehler¹⁸ (Tab. 1). Der mittlere Punktfehler von rund 5700 Metern ist für die damalige Zeit und an-

gesichts der Herstellungsmethode nicht gross.¹⁹ Das am genauesten kartierte Gebiet liegt freilich ausserhalb der Berner Grenzen: Das freiburgische Gebiet weist einen mittleren Punktfehler von nur rund 1850 Metern auf. Offensichtlich gab es zum Vorteil der Schöpfkarte eine sehr enge Zusammenarbeit mit Wilhelm Techtermann.²⁰ Im Übrigen sind die Kirchorte, Burgen und Schlösser als Zentren der geistlichen und politischen Macht nicht genauer kartiert als der restliche Karteninhalt.

Anschaulicher als nackte Zahlen sind Visualisierungen.²¹ Eine häufig verwendete Visualisierung von Genauigkeitsanalysen alter Karten ist das Verzerrungsgitter. Da Verzerrungsgittern ein «Massstab» fehlt, mit dem die Genauigkeit der Karte gemessen werden könnte, ist ihre Aussagekraft auf qualitative Aspekte beschränkt. Ihre Interpretation verlangt Erfahrung und Fingerspitzengefühl. Ein deutlich einfacher interpretierbares Bild bietet die Visualisierung der Punktfehler in der Form von Fehlervektoren²² oder Fehlerkreisen. Fehlervektoren verbinden die Ist- und die Soll-Lagen von Passpunkten, zeigen also individuelle Lageverschiebungen an (Abb. 1). Ausreisser sind als überproportional lange Fehlervektoren ersichtlich, während Scharungen auf schlecht eingepasste Quellen hindeuten können (Abb. 2). Zwei Beispiele seien näher erläutert:

Wenn man auf der Visualisierung der Gesamtkarte die Region Thunersee, Brienzersee und Haslital betrachtet, werden die Fehlervektoren von Thun ausgehend immer länger. Das heisst, je weiter ein Ort von Thun entfernt ist, desto grösser wird der mittlere Punktfehler. Die Distanzen zwischen einzelnen Orten entlang der Talachse scheinen jedoch gut gewahrt zu sein, da die Fehlervektoren insgesamt gleichmässig ausgerichtet sind (Abb. 3). Bei der Analyse eines Subsets von 60 Passpunkten dieser Region wird deren Verdrehung gegenüber der Gesamtkarte herausgerechnet. Die Fehlervektoren zeigen nun zufällige kleinräumige Verschiebungen in allen Himmelsrichtungen an (Abb. 4). Die berechneten Massstäbe in den beiden Achsen entlang des Tales und quer dazu differieren erheblich (Tab. 1). Als Vorlage für diese Region könnte demnach eine Routenaufnahme gedient haben, deren Distanzangaben nur entlang des flachen Talbodens zuverlässig waren. Die Vorlage wurde verdreht in die Gesamtkarte eingepasst.

Das Subset für den Unteraargau enthält 103 Passpunkte. Die Transformation auf die moderne Karte

	Anzahl Passpunkte	Masstabszahl x (horizontale Achse)	Masstabszahl y (vertikale Achse)	Rotation x in [°] im Gegenuhrzeigersinn	Rotation y in [°] im Gegenuhrzeigersinn	mittlerer Punktfehler in [m]
ganze Karte	1236	101 000	120 500	170	180	5700
ganze Karte (ohne Ausreisser)	1084	101 200	111 400	166	179	3550
Kirchorte, Burgen, Schlösser	696	100 700	117 200	169	179	5600
Kirchorte, Burgen, Schlösser (ohne Ausreisser)	624	100 900	110 900	166	179	3700
Bernisches Staatsgebiet	856	101 200	123 500	170	180	5450
Freiburgisches Staatsgebiet	186	100 200	113 000	161	184	1850
Unteraargau	103	99 000	95 700	164	168	2450
Haslital	60	97 700	136 500	184	191	2400



lässt darauf schliessen, dass die Orte dieser Region aus zwei verschiedenen Quellen entnommen wurden. Im nordöstlichen Teil des Unteraargaus (Eigenamt, Vogteien Kasteln und Schenkenberg) zeigen die Fehlervektoren und das Verzerrungsgitter eine Verdrehung von rund 23 Grad gegenüber dem südwestlich davon liegenden Teil an (Abb. 5). Um welche Quellen bzw. eingearbeiteten Vorlagen es sich handelte, und in welcher Form sie vorlagen, ist unbekannt.

Würdigung

Insgesamt ist die planimetrische Genauigkeit der Schöpfkarte von hoher Qualität. Einzelne Teile der Karte sind für das 16. Jahrhundert von hervorragender Genauigkeit. Dies überrascht umso mehr, als man sich für die Kartierung des bernischen Staatsgebiets auf kein Vorbild und vor allem nicht auf Triangulationen stützen konnte. Die Resultate der planimetrischen Genauigkeitsanalyse lassen vermuten, dass die Kartenkonstruktion und das Einpassen der Quellen nicht von Schöpf, sondern von den Fachleuten Martin Krumm und Johann Martin aus Deventer durchgeführt wurde. Die Schöpfkarte galt zu Recht mehreren Generationen als massgebendes Kartenbild des bernischen Staatsgebiets.

Anmerkungen

- 1 Grundsätzliches bei Beineke (2001).
- 2 Jenny, Jenny und Hurni (2009) S. 130–133.
- 3 Beitrag von Hans-Rudolf Egli, S. 28–33.
- 4 Beitrag von Michael Schläfli und Martin Kohler, S. 4–8.
- 5 *Primo quod longitudinis gradus et minuta tam in Meridionali quam Septentrionali limbo sint aequalia [...].*
- 6 *Ut longitudinis proportio erga latitudinem sit ea, quae est 35 erga 24.*
- 7 Andere Namen für diese Projektion sind: mittabstandstreue Zylinderabbildung, abstandstreuer Zylinderentwurf mit zwei längentreuen Parallelkreisen, oft ungenau rechteckige Plattkarte. Beineke (2001) S. 42–45.
– In diesem Zusammenhang irrt Grosjean (1970–1972), wenn er eine winkeltreue Zylinderprojektion (Mercatorprojektion) unterstellt, nur weil die Meridiane nicht konvergieren. In ihr bilden zwar die Gradfelder ebenfalls Rechtecke, allerdings werden die Abstände der Breitenkreise vom Äquator gegen Norden immer grösser, was auf der Schöpfkarte nicht der Fall ist.
- 8 Kleinere Orte wurden relativ zu ihrer Pfarrei und zur Landvogtei eingepasst, diese wiederum relativ zur Hauptstadt Bern. Grosjean (1970–1972).
- 9 *Quia vero Astronomi alicuius sententia, quae Urbis nostrae latitudini 46 $\frac{9}{10}$ gradus tribuit, [...].*
- 10 Übersetzung von Theresa Rothfuß. Im Original: [...]. *secundum novissimam totius orbis, authore Gasparo Vopellio insigni Mathematico, descriptionem, cadat in vigesimum nonum gradum cum eius sexta parte.* Bern, Staatsarchiv, DQ 725, fol. 7v.
- 11 Das einzige überlieferte Exemplar der Ausgabe von 1558 ist online zugänglich: iif.harvard.edu/manifests/view/ids:7723780 (gesehen am 24. August 2019). Vgl. zu Vopels Karten Meurer (1991) S. 261–263.

Abb. 2: Ganze Karte mit Fehlervektoren in deutlichen Scharungen im Haslital, im Berner Mittelland, im Unteraargau und im Waadtländer Jura. Diese können auf schlecht eingepasste Quellen hindeuten. Orange markiert sind statistische Ausreisser. Affin-Transformation (sechs Parameter) auf der Basis von 1236 Passpunkten.

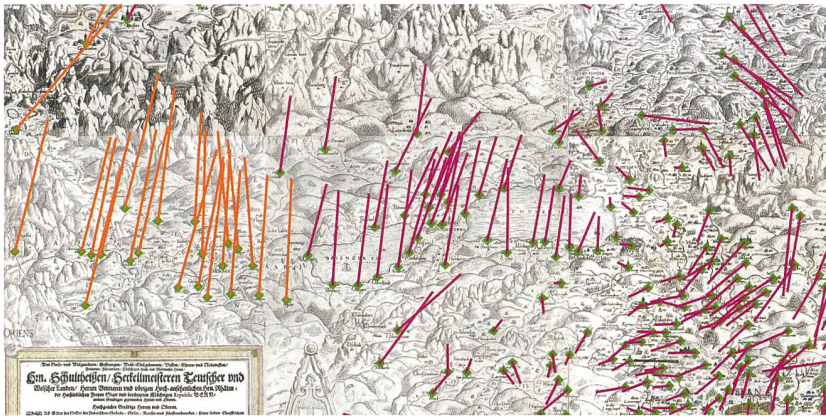


Abb. 3: Ausschnitt der Region Thunersee, Brienersee und Haslital aus Abb. 2. Die Fehlervektoren zeigen die Verdrehung dieser Region im Kontext der Gesamtkarte an.

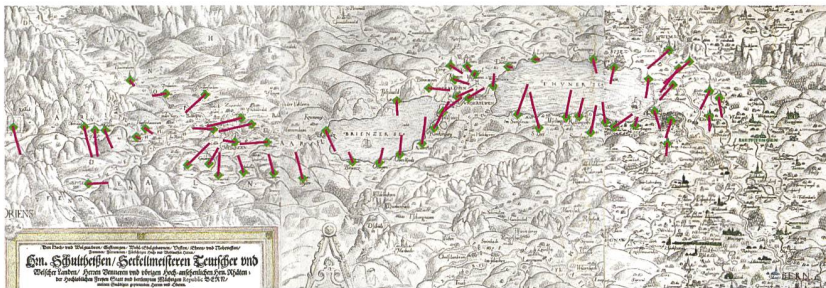
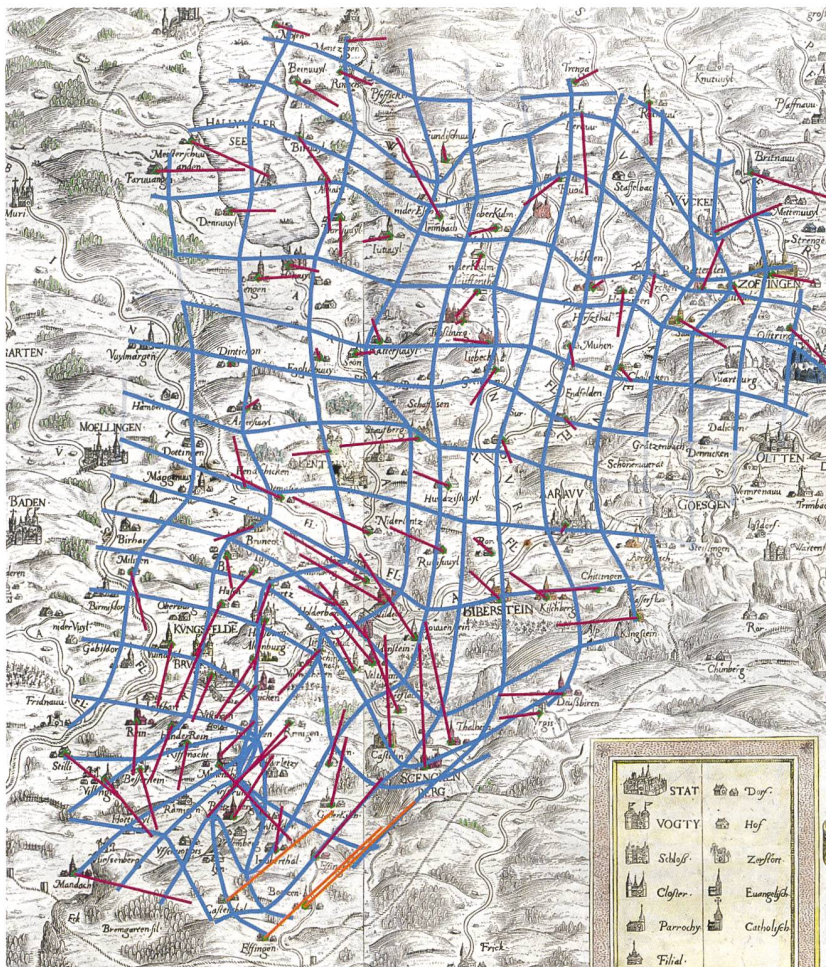


Abb. 4: Fehlervektoren ohne den Einfluss der Verdrehung, d.h. typisches Muster einer im Detail heterogenen Karte mit zufälligen Punktfehlern. Affin-Transformation (sechs Parameter) auf der Basis von 60 Passpunkten.



- 12 Insofern kann die Chorographie nicht «genauer» sein als die Karte. Vgl. Grosjean (1970–1972); dagegen Korenjak (2013) S. 36, Anm. 16.
- 13 Jenny, Jenny und Hurni (2009); Jenny und Hurni (2011); mapanalyst.org (gesehen am 12. August 2019). Verwendet wurde Version 1.3.35.
- 14 Wabern, Bundesamt für Landestopografie, LT K BE 1,1–18.
- 15 openstreetmap.org (gesehen am 12. August 2019).
- 16 Beineke (2001) S. 12–16 und 72.
- 17 Beineke (2001) S. 16–19 und 72–74; Jenny und Hurni (2011) S. 403–404.
- 18 Andere Namen für diesen Wert sind: mittlere restliche Klaffung, Ortslagefehler, Standardpunktabweichung, mittlerer Lagefehler. Nicht zu verwechseln mit der Standardabweichung (andere Namen: mittlerer Fehler der Koordinaten, mittlerer Betrag der Restklaffungen in Richtung der Koordinatenachsen, Koordinatenfehler).
- 19 Vgl. mit der 134 Jahre später (1712) gedruckten Scheuchzerkarte, deren mittlerer Fehler von rund 10350 Metern fast doppelt so gross ist. Rickenbacher (2011) S. 266; Abb. im Beitrag von Hans-Uli Feldmann und Thomas Klöti, S. 49.
- 20 Dubas und Feldmann (1994).
- 21 Übersicht in Forstner und Oehrli (1998).
- 22 Anderer Name für diese Darstellungsform: Restklaffungsvektoren.

Literatur

Beineke, Dieter: *Verfahren zur Genauigkeitsanalyse für Altkarten.* Neubiberg: Universität der Bundeswehr München, 2001. (Schriftenreihe Studiengang Geodäsie und Geoinformation, Universität der Bundeswehr München 71).

Dubas, Jean; Feldmann, Hans-Uli: *Die erste Karte des Kantons Freiburg von Wilhelm Techtermann, 1578.* In: *Cartographica Helvetica* 10 (1994) S. 33–40.

Forstner, Gustav; Oehrli, Markus: *Graphische Darstellungen der Untersuchungsergebnisse alter Karten und die Entwicklung der Verzerrungsgitter.* In: *Cartographica Helvetica* 17 (1998) S. 35–43.

Grosjean, Georges (Hrsg.): *Karte des Bernischen Staatsgebietes von 1577/78 von Thomas Schoepf.* Dietikon: Stocker, 1970–1972.

Jenny, Bernhard; Hurni, Lorenz: *Studying cartographic heritage: analysis and visualization of geometric distortions.* In: *Computers & Graphics* 35 (2011) S. 402–411.

Jenny, Bernhard; Jenny, Helen; Hurni, Lorenz: *Alte Karten als historische Quelle: wie lässt sich die geometrische Genauigkeit des Karteninhalts abschätzen?* In: *Karten, Kartographie und Geschichte: von der Visualisierung der Macht zur Macht der Visualisierung.* Hrsg. Christophe Koller, Patrick Jucker-Kupper. Zürich: Chronos, 2009. (Geschichte und Informatik 16). S. 127–144.

Korenjak, Martin: *Inclitae Bernatum urbis delineatio chorographica: der Text zu Thomas Schoepfs Karte des Bernischen Staatsgebiets (1578).* In: *Cartographica Helvetica* 47 (2013) S. 27–36.

Meurer, Peter H.: *Fontes cartographici Orteliani: das «Theatrum orbis terrarum» von Abraham Ortelius und seine Kartenquellen.* Weinheim: VCH Acta Humaniora, [1991].

Rickenbacher, Martin: *Napoleons Karten der Schweiz: Landesvermessung als Machtfaktor 1798–1815.* Baden: hier+jetzt, 2011.

Abb. 5: Verzerrungsgitter und Fehlervektoren im Unteraargau. Ein Gebiet nordöstlich der Flüsse Aare und Bünz ist gegenüber dem südwestlichen Gebiet um rund 23 Grad verdreht. Helmert-Transformation (vier Parameter) auf der Basis von 103 Passpunkten, Maschenweite 2000 Meter.