

Alte Karten als historische Quelle – Wie lässt sich die geometrische Genauigkeit des Karteninhalts abschätzen?

Bernhard Jenny, Helen Jenny, Lorenz Hurni
Institut für Kartografie, ETH Zürich

Kapitel in:

Karten, Kartographie und Geschichte – Von der Visualisierung der Macht zur Macht der Visualisierung / Cartes, cartographie et Histoire – De la visualisation du pouvoir au pouvoir de la visualisation,

Koller, C. und Jucker-Kupper, P. (Hrsg.),
Zürich: Chronos, S. 127-144, 2009.

Hinweis: Der gedruckte Artikel weicht in Layout, Bildqualität und inhaltlichen Details von diesem Text ab.

Zusammenfassung

Mit einem Geografischen Informationssystem (GIS) können alte Karten als Quellen für historische und Geografie-historische Untersuchungen verwendet werden. Dank ausgereifter GIS-Software lassen sich Informationen einfach aus alten Karten extrahieren und für Analysen verwenden. Dabei stellen sich aber Fragen zur Zuverlässigkeit und Genauigkeit der extrahierten Daten.

Eine entsprechende kartenspezifische Quellenkritik sollte drei Bereiche abdecken: die topografische Genauigkeit (Wie komplett ist der thematische Inhalt der Karte?), die chronometrische Genauigkeit (Welchen Zeitstand zeigt die Karte?) und die planimetrische Genauigkeit (Mit welcher geometrischen Genauigkeit gibt die Karte den Inhalt wieder?).

Bei der Beantwortung dieser Fragen kann MapAnalyst hilfreich sein, eine Software zur Visualisierung der geometrischen Verzerrung von alten Karten. Es lassen sich damit leicht Verzerrungsgitter, Fehlervektoren und andere Darstellungen erzeugen. Mit ihrer Hilfe ist leicht ersichtlich, wie die geometrische Genauigkeit im Kartenblatt variiert, sodass die Karte (oder ein Teil davon) als Quelle für eine historische Untersuchung akzeptiert oder verworfen werden kann. Visualisierungen der geometrischen Genauigkeit können ausserdem auch verwendet werden, um Hinweise auf die Entstehung einer Karte zu erhalten. Somit können ältere Karten identifiziert werden, aus denen Daten kopiert wurden.

Résumé

Les systèmes d'information géographique (SIG) permettent l'utilisation des cartes historiques comme sources pour l'analyse historique et la géo-histoire. Avec la technique avancée du SIG il est possible d'extraire des informations des cartes historiques et de les utiliser pour des analyses ultérieures. Pourtant se posent des questions sur la fiabilité et la précision des données extraites.

Une critique équivalente des sources et des cartes devrait prendre en considération trois dimensions: la qualité du relevé avec la précision topographiquement (est-ce que le

contenu thématique de la carte est complet?); le temps avec la précision chronométrique (quelle date exacte montre la carte?); et la précision planimétrique (avec quelle précision géométrique la carte rend-elle le contenu?).

Pour réponse à ces questions, nous avons conçu MapAnalyst. « Map Analyst » est un logiciel pour la visualisation de la distorsion géométrique des cartes historiques. Cet outil informatique peut facilement produire des treillis de distorsion, vecteurs d'erreurs et d'autres représentations. Il est important de pouvoir différencier la variation de la précision géométrique sur la base des informations de la carte pour que celle-ci (où une partie de la carte) puisse être acceptée ou rejetée comme source pour une analyse historique. Des visualisations de la précision géométrique peuvent notamment aussi être utilisées pour recevoir des indications de la naissance d'une carte. Ainsi les cartes historiques utilisées peuvent être identifiées.

Traduction : Fabienne Valek et Christophe Koller

Abstract

Geographical Information Systems (GIS) allow old maps to be used as sources for historical and geographical studies. With modern GIS software, information can easily be extracted from historical maps and be used for different analyses. However, questions arise concerning the reliability and accuracy of the extracted information.

A map-specific source criticism should consider three important areas: the topographical accuracy (Is the thematic content of the map complete?), the chronometric accuracy (What snapshot in time does the map show?) and the geodetic and planimetric accuracy (With how much geometrical accuracy does the map show the content?).

To answers these questions, "MapAnalyst" can be helpful, a software application to visualize the geometrical distortion of historical maps. This tool allows the user to easily create distortion grids, error vectors and other representations. With the help of these visualizations, the varied geometrical accuracy becomes more evident so that an old map (or a part of it) can be used as a source for historical analyses. The visualisations can also be used to find indications concerning the production process of an historical map, and thus the source maps used for the compilation of the studied map can be identified.

1 Geografische Informationssysteme als Hilfsmittel der Geschichtswissenschaften

An einer Vielzahl von Bibliotheken sind digitale Kartensammlungen vorhanden oder im Aufbau. Wenn sich Geschichtswissenschaftler mit zeitlich-räumlichen Fragestellungen beschäftigen, bedeutet die Bereitstellung einer solchen digitalen Sammlung eine grosse Erleichterung der Arbeit. Mit einem Webbrowser lassen sich Karten im Idealfall bequem vom eigenen Arbeitsplatz aus betrachten, herunterladen und weiterverwenden. Auf das empfindliche Material alter Papierkarten, ihre spezielle Handhabung und Lagerung muss keine Rücksicht mehr genommen werden.

Werden alte Karten als Quelle für historische Untersuchungen verwendet, kann der Historiker durch reine Betrachtung und Vergleich einfache Fragen schnell beantworten. Hierzu gehören Hinweise zur historischen Toponymie oder zur Lokalisierung verschwundener Objekte. Für komplexere Geografie-historische Fragen benötigt man zusätzlich zum digitalen Scan weitere Hilfsmittel. Als Analysewerkzeuge bieten sich hier Geografische Informationssysteme (GIS) an. Hierbei handelt es sich um eine spezialisierte Software, mit der räumliche Daten digital erfasst, bearbeitet, analysiert und grafisch präsentiert werden.

Ein GIS kann helfen, komplexe topologische und geometrische Raumbeziehungen in einer oder mehreren alten Karten zu erkennen, zu analysieren und zu visualisieren. Dazu wird die gescannte Karte zuerst georeferenziert, d. h., die Karte wird gedehnt und rotiert, damit sie möglichst exakt auf eine moderne Referenzkarte oder ein modernes Referenzkoordinatensystem passt.

Dabei lassen sich verschiedene Arten von geometrischen Transformationen (zum Beispiel eine affine Transformation) oder lokale Interpolationen (zum Beispiel das sogenannte „Rubber Sheeting“) anwenden. Nach der Georeferenzierung können Daten aus der alten Karte extrahiert und für quantitative und qualitative Aussagen verwendet werden, beispielsweise zur historischen Landnutzung, Landschaftsgenese, Urbanisierung oder der Entwicklung von Verkehrsnetzen. Liegen verschieden alte Kartenwerke vor, lassen sich Zeitreihen erstellen, anhand derer sich Entwicklungen über mehrere Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte modellieren lassen.

Moderne Geografische Informationssysteme sind benutzerfreundlich, und es existieren bereits verschiedene Open-SourceGIS, die kostenlos verwendet werden können. Die Möglichkeiten für die historische Forschung werden aber noch relativ selten genutzt.¹ Meist sind es Geografen, die Fragen zu historischen Landnutzung, Besitzverhältnissen, Gletscherschwankungen, Flussmäandrierungen *etc.* anhand von alten Karten untersuchen.²

¹ Bezeichnenderweise existiert erst seit kurzem ein einziger Lehrgang auf Master-Niveau an der Idaho State University, USA, der das Ziel verfolgt, Geschichte mit GIS-Know-how zu kombinieren: <http://www.isu.edu/~owenjack/grad.html> (Stand: 20.10.2008).

Siehe dazu auch: Owens, J. B.: "What historians want from GIS". In: *ArcNews*, Nr. 29(2), 2007, S. 4–6 [<http://www.esri.com/news/arcnews/summer07/articles/what-historians-want.html>](Stand: 20.10.2008).

² Beispiele: (1) Schumacher, Kim Philip: „Landschaftswandel im Kaiserstuhl seit 1770 – Analyse und Bilanzierung“. In: *Culterra*, Nr. 47, Schriftenreihe des Instituts für Landespflege der Universität Freiburg i. Br., 2006.

(2) Pearson, Alastair. W.; Collier, Peter: „The integration and analysis of historical and environmental data using a geographical information system: landownership and agricultural productivity in Pembrokeshire c.1850“. In: *Agricultural History Review*, Nr. 46(2), 1998, S. 162–176.

2 Quellenkritik für alte Karten

Wird der Inhalt alter Karten für die historische Forschung als Quelle verwendet, stellt sich die Frage der Quellenkritik. Bei Karten sollten drei spezifische Aspekte betrachtet werden:³

2.1 Die topografische Genauigkeit: Vollständigkeit und Genauigkeit der thematischen Information

Jede Karte zeigt nur eine Auswahl aller vorhandenen geografischen Objekte, die vom Kartografen entsprechend dem Zweck der Karte selektiert und symbolhaft gestaltet wurden. Es stellt sich also die Frage, ob der Kartograf alle Objekte einer bestimmten Art in der Karte verzeichnet und wie genau er die Objekte thematisch klassiert hat.

Wird zum Beispiel ein alter Ortsplan verwendet, um die Anzahl bewohnter Gebäude zu ermitteln, sollte untersucht werden, ob alle Häuser eingezeichnet wurden und ob die Klassierung zwischen Wohnhäusern und sonstigen Gebäuden konsequent durchgeführt wurde. Auch kann nicht davon ausgegangen werden, dass die topografische Genauigkeit in alten Karten immer homogen über das gesamte Kartenbild ist. Zum Beispiel können in einer alten Militärkarte Zugangswege zu wichtigen Verteidigungsanlagen sehr detailliert verzeichnet sein, während vom restlichen Verkehrsnetz vielleicht nur die wichtigsten Strassen kartiert wurden. Diese Fragen nach der topografischen Vollständigkeit lassen sich nur basierend auf dem Hintergrundwissen zum Entstehungszweck der Karte abschätzen.

Speziell ist zu beachten, dass jede Karte die Wirklichkeit immer in generalisierter Form darstellt. Bedingt durch die Verkleinerung ist eine thematische und geometrische Generalisierung der Wirklichkeit unumgänglich. Zu kleine oder unbedeutende Objekte werden weggelassen, mehrere Objekte können zu einem einzigen grafischen Symbol zusammengefasst werden, und die Geometrie jedes Objekts wird gezwungenermaßen mehr oder weniger stark vereinfacht. Diese notwendige kartografische Generalisierung ist heute in Regelwerken formalisiert. Doch auch Kartografen früherer Zeiten haben solche Grundsätze angewendet – vielleicht eher gefühlsmässig oder nach persönlichem Gutdünken.

2.2 Die chronometrische Genauigkeit: der Zeitstand der Karteninformation

Nebst den bekannten Techniken zur Datierung von historischen Artefakten (Radiokohlenstoffdatierung, Analyse von Wasserzeichen und Tinte *etc.*), werden für Karten meist Randinformationen wie Publikationsdatum, Widmungen, Namen und Adressen, Preis, Stil von Kompassrose, Nordpfeil, Ausschmückungen, Schrift *etc.* zur Datierung verwendet. Oft lässt sich daraus der Zeitpunkt der Drucklegung oder der Fertigung einer Manuskriptkarte bestimmen oder zumindest eingrenzen.

Davon getrennt zu untersuchen ist die Datierung des Karteninhalts. Dies geschieht mithilfe von geografischen Objekten, von denen aus anderer Quelle Entstehungs- oder Enddaten bekannt sind. Sind sie in der Karte entsprechend vorhanden oder fehlen sie, kann der Informationsstand der Karte datiert werden. Dies setzt aber voraus, dass der

(3) Pearson, Alastair W.; Collier, Peter: "Agricultural History with GIS". In Knowles, Anne Kelly (Hg.): *Past Times, Past Place: GIS for History*. Redlands, USA: ESRI Press, 2002.

³ Diese Auflistung basiert auf: Blakemore, M. J.; Harley, J. B.: „Concepts in the History of Cartography: A Review and Perspective“. In: Dahl, E. H (Hg.): *Cartographica* Nr. 17(4), Monograph 26, 1980. Chapter 5: The search for accuracy.

Kartograf selbst von den neuen oder verschwundenen Objekten wusste und nicht für die Zukunft geplante Objekte einzeichnete.

Die Datierung der Karteninformation wird zusätzlich dadurch erschwert, dass die Aktualisierung des Karteninhalts (auch heute noch) mehrere Jahre benötigt. „Neue“ Karten wurden deshalb oft aus verschiedenen älteren Karten kompiliert. Entsprechend kann für alte Karten häufig kein eindeutiger Zeithorizont bestimmt werden.

Durch das Übernehmen von Objekten aus anderen Karten hat sich übrigens mancher Fehler während langer Zeit im Kartenbild gehalten. Ein anschauliches Beispiel aus der Schweiz ist die Anordnung von Thunersee und Brienersee, die *in natura* in einem Winkel zueinander liegen. Lange wurden die Seen aber auf einer Linie dargestellt. Beweise hierfür sind Hans Conrad Gygers Karte von 1637 oder Johann Jakob Scheuchzers Karte von ca. 1720. Erst der Atlas Suisse von Johann Rudolf Meyer, Johann Heinrich Weiss und Joachim Eugen Müller korrigierte um 1800 diesen Fehler und zeigt die Seen in ihrer naturgetreuen Anordnung (Abbildung 1).



Abb. 1. Anordnung von Thuner- und Brienersee. Links: Gyger, Hans Conrad: „Die Eydgnoschafft Pünten und Wallis – Helvetia cum Confinijs“, 1637, ca. 1 : 1 200 000. Mitte: Scheuchzer, Johann Jakob: „Nouvelle carte de la Suisse divisées en ses treize cantons, ses alliez et ses sujets“, ca. 1720, ca. 1 : 320 000. Rechts: „Carte Générale de l'Atlas Suisse“, 1802, ca. 1 : 500 000.

2.3 Die geometrische Genauigkeit der Information

Bei der geometrischen Genauigkeit wird zwischen der *geodätischen* und der *planimetrischen* Genauigkeit unterschieden.

Die *geodätische* Genauigkeit quantifiziert die Genauigkeit der Lage einer Karte in einem übergeordneten Koordinatensystem. Dabei wird die Genauigkeit der mathematischen Grundlagen untersucht, zum Beispiel der Nullmeridian, die Kartenprojektion oder das Ellipsoid (das geometrisch vereinfachte Modell der Erde). Für eine einzelne Karte in grossem Massstab (d. h., die Karte deckt nur einen sehr kleinen Teil der Erdoberfläche ab) spielen diese Fragen meist keine Rolle. Nur bei kleinmasstäblichen Karten muss die Projektion unter Umständen berücksichtigt werden, da sonst bei der planimetrischen Analyse nicht vorhandene Verzerrungen sichtbar werden können. Dazu ist ein GIS ein unerlässliches Werkzeug, mit dem die Projektion einer gescannten Karte geändert werden kann.

Die *planimetrische* Genauigkeit misst, wie genau identifizierbare Positionen, Distanzen, Flächen und Winkel mit ihren wahren Grössen übereinstimmen. Es wird also die Zuverlässigkeit der Geometrie von Kartenobjekten bewertet. Es soll damit klar werden, ob absolute Positionen und die gegenseitige Lage der extrahierten Objekte für eine historische Untersuchung genau genug sind. Praktische Fragen, die sich beantworten lassen, sind zum Beispiel: Kann davon ausgegangen werden, dass die Ackerbaufläche im Ortsplan exakt eingezeichnet wurde? Lässt sich der zu erwartende Flächenfehler abschätzen? Ist eine bestimmte Karte besser geeignet – da geometrisch genauer – als eine andere? Variiert die geometrische Genauigkeit innerhalb der Karte?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden verschiedene statistische Indikatoren entwickelt, zum Beispiel der mittlere Positionsfehler oder die Standardabweichung. Anschauliche Ergänzungen dazu sind verschiedene Visualisierungen der räumlichen Verteilung der planimetrischen Genauigkeit. Eine Auswahl wird im nächsten Abschnitt vorgestellt.

3 Die Visualisierung der planimetrischen Genauigkeit alter Karten

Bevor planimetrische Berechnungen und Visualisierungen für eine alte Karte erstellt werden, sind folgende Fragen zu klären:

1. Nicht jede Karte wurde mit der Absicht erstellt, die Landschaft möglichst geometrisch genau wiederzugeben. Für manche Karten ist eine exakte Geometrie gar nicht notwendig, oder der Raum wird absichtlich verzerrt dargestellt, um ausgewählte Bereiche zu betonen. In solchen Fällen erübrigt sich eine geometrische Analyse normalerweise.
2. Nicht jede Karte zeigt einen Ausschnitt einer ehemals real existierenden Landschaft. Eine Karte kann absichtlich verschleiende oder propagandistische Fehler enthalten,⁴ eine Fantasielandschaft zeigen oder nur zu Planungszwecken entworfen worden sein.
3. Papier ist kein inertes Medium, sondern dehnt sich und schrumpft in räumlich verschiedene Richtungen. Meist kann diese zusätzliche Verzerrung nicht erkannt oder kompensiert werden. Eine Ausnahme sind beispielsweise Portolankarten (Seekarten zur Navigation aus dem Mittelalter und der frühen Neuzeit). Sie zeigen ein Liniennetz aus regelmässig angeordneten Geraden und Kreisen, das zur Kursbestimmung mittels Kompass verwendet wurde. Hier kann in einem vorbereitenden Arbeitsschritt mit digitalen Mitteln die Papierverzerrung eventuell kompensiert werden.
4. Für kleinmassstäbliche Karten muss die verwendete Projektion zumindest annähernd bekannt sein und deren Einfluss kompensiert werden. Ansonsten zeigen Visualisierungen nicht vorhandene Ungenauigkeiten. Ist die Projektion unbekannt, kann sie eventuell durch eine iterative Analyse der Verzerrungsmuster bestimmt werden.

Um die geometrische Genauigkeit alter Karten zu untersuchen, wird eine moderne Referenzkarte verwendet, die als fehlerfrei betrachtet wird.⁵ Aus einem Vergleich der alten Karte mit der Referenzkarte können statistische Masse errechnet werden, wozu die Standardabweichung oder der mittlere Positionsfehler gehören. Spezielle Visualisierungen der geometrischen Genauigkeit können diese statistischen Masse ergänzen. Sie vermögen aufzuzeigen, wie sich der Massstab in verschiedenen Gebieten der Karte ändert oder wie verschiedene Teile der Karte unterschiedlich zueinander orientiert sind. Die Abbildungen 2 bis 4 zeigen Beispiele solcher Darstellungen für eine Karte von Wilhelm Haas vom Ende des 18. Jahrhunderts.⁶

⁴ Brunner, Kurt: „Geheimhaltung und Verfälschung von Karten aus militärischen und politischen Gründen“. In: Unverhau, Dagmar (Hrsg.): Kartenverfälschung als Folge übergrosser Geheimhaltung? Eine Annäherung an das Thema Einflussnahme der Staatssicherheit auf das Kartenwesen der DDR, Münster, 2002, S. 161–175.

⁵ Statt einer modernen digitalen Referenzkarte können auch andere digitale georeferenzierte Datensätze als Referenz verwendet werden.

⁶ Die Karte wurde mit dem Typometrie-Verfahren erstellt, einer Technik, bei der Karten mit Typen gesetzt werden, ähnlich dem klassischen Buchdruck: Tschudin, Peter F.: „Typometrie: eine erfolgreiche Technik zur Herstellung aktueller Karten“. In: *Cartographica Helvetica*, Nr. 36, 2007, S. 27–35.

3.1 Fehlervektoren

Fehlervektoren oder Restklaffungen sind einfach zu berechnen und auch einfach zu verstehen (Abbildung 2). An jedem vorher identifizierten Punkt beginnt ein Fehlervektor. Dieser endet am Ort, wo sich der Punkt befinden würde, wenn die alte Karte geometrisch so genau wie die moderne Referenzkarte wäre. Aussergewöhnlich lange Vektoren können farblich hervorgehoben werden und weisen auf grobe Positionsfehler in der alten Karte hin.

3.2 Verzerrungsgitter

Die verdrehten, gestauchten oder vergrösserten Maschen eines Verzerrungsgitters spiegeln die lokalen Deformationen und Rotationen der alten Karte (Abbildung 3) wider. Bei der manuellen Konstruktion von Verzerrungsgittern legt der Kartenhistoriker die Gitterlinien durch ein Feld von Referenzpunkten und macht dabei gezwungenermassen eine Reihe von subjektiven Schätzungen.⁷ Im Vergleich dazu sind computergestützte Methoden objektiver und schneller als die mühsame manuelle Konstruktion.⁸

3.3 Isolinien gleichen Massstabs und gleicher Rotation

Isolinien, die Punkte gleichen Massstabs und gleicher Rotation verbinden, sind ein Mittel, um die lokale Variabilität von Massstab und Drehung zu visualisieren. Für die Karte in Abbildung 4 ist ersichtlich, dass der Massstab im linken baslerischen Teil grösser (ca. 1 : 175 000), während er rechts im aargauischen Fricktal kleiner ist (ca. 1 : 190 000). Dies ist eventuell darauf zurückzuführen, dass Haas zwei verschiedene Karten kombinieren musste, da zu seiner Zeit der heute aargauische Teil zu Vorderösterreich gehörte und er deshalb vielleicht keine homogene Karte über das ganze dargestellte Gebiet zur Verfügung hatte.

⁷ Forstner, Gustav: „Zwei Konstruktionsmethoden von Verzerrungsgittern zur Untersuchung alter Karten“. In: *Cartographica Helvetica*, Nr. 18, 1998, S. 33–40. Forstner beschreibt zwei manuelle Methoden zur Konstruktion von Verzerrungsgittern.

⁸ Beineke, Dieter: *Verfahren zur Genauigkeitsanalyse für Altkarten*. Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, Nr. 71, 2001. Verzerrungsgitter für gescannte dreidimensionale Reliefmodelle wurden von Jana Niederöst entwickelt: Niederöst, Jana: *Das Relief der Urschweiz von Franz Ludwig Pflyffer (1716–1802): 3D-Rekonstruktion, Analyse und Interpretation*. IGP Mitteilungen Nr. 89, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, 2005.

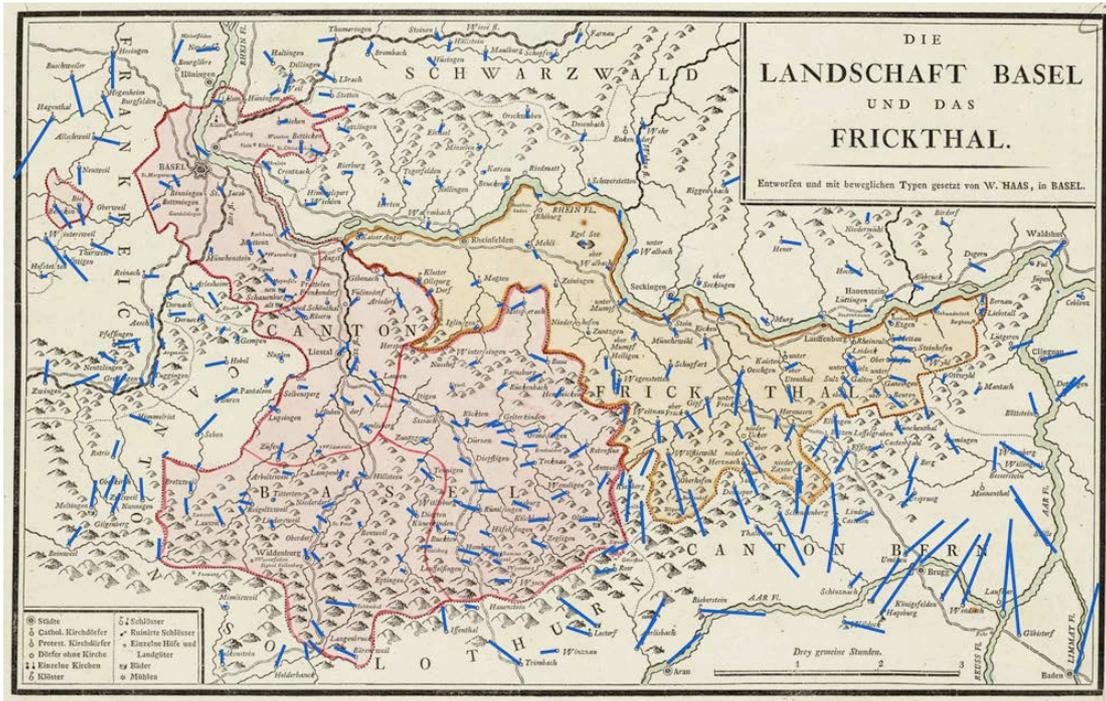


Abb. 2. Fehlervektoren. Karte: W. Haas, *Die Landschaft Basel und das Frickthal* (1798). Grösse ca. 21 x 34 cm, mittlerer Massstab 1 : 177 300, mittlere Rotation 16°.

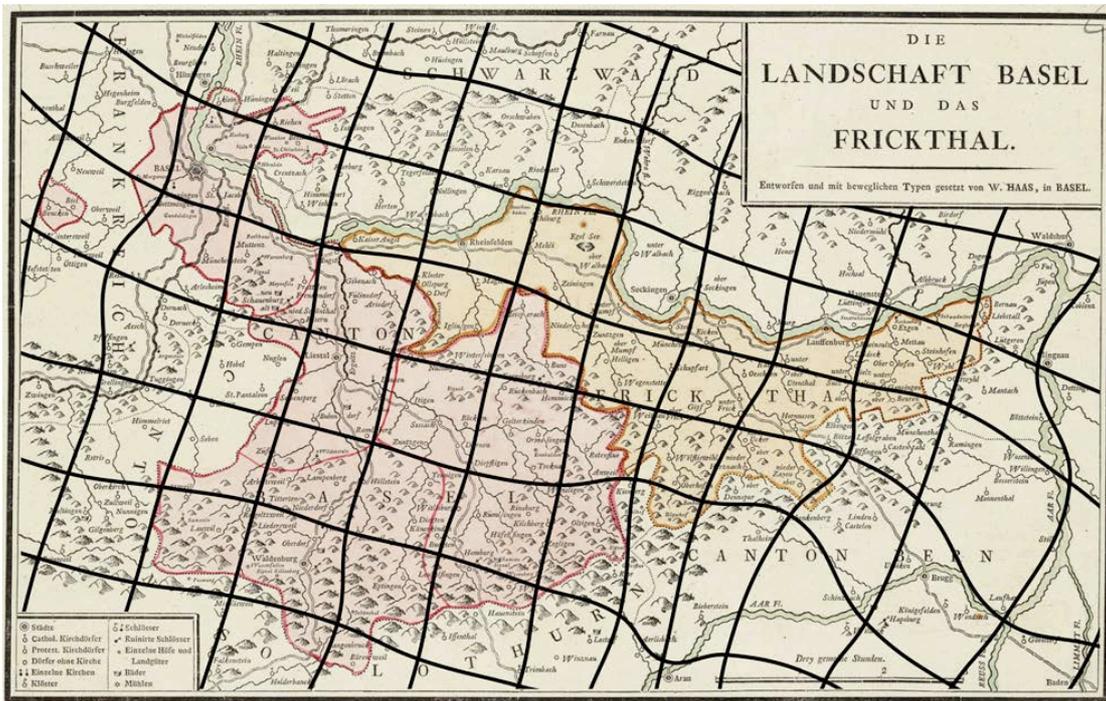


Abb. 3. Verzerrungsgitter mit einer Maschenweite von 5000 m (W. Haas, *Die Landschaft Basel und das Frickthal*, 1798).

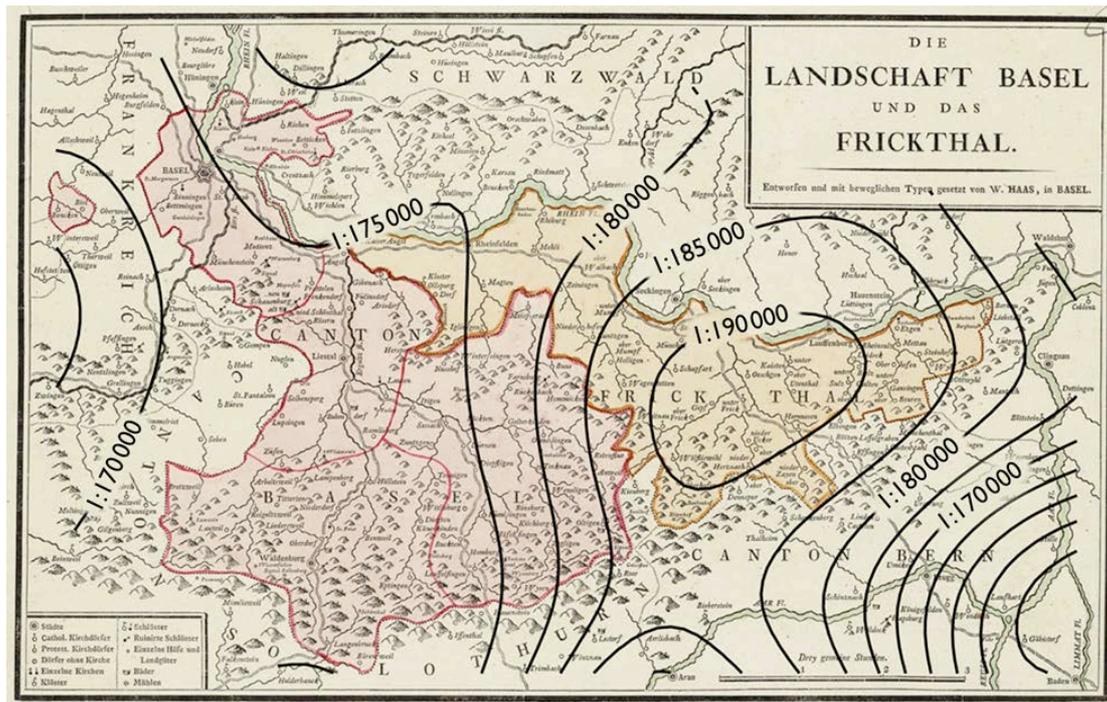


Abb. 4. Isolinien gleichen Massstabs. Mittlerer Massstab 1 : 177 300 (W. Haas, *Die Landschaft Basel und das Frickthal*, 1798).

Bereits vor dem digitalen Zeitalter wurden Abbildungen zur Visualisierung der geometrischen Genauigkeit von alten Karten erzeugt. So hat Hermann Wagner beispielsweise bereits 1895 erste Verzerrungsgitter zur Analyse alter Karten veröffentlicht.⁹ Nebst den drei Arten von Visualisierung in den Abbildungen 2 bis 4 sind eine Vielzahl anderer Darstellungen entwickelt worden.¹⁰ Für fast alle Darstellungen – egal ob mit digitalen oder manuellen Mitteln erzeugt – werden zuerst für ausgesuchte Punkte der alten Karte entsprechende Koordinaten aus der fehlerfreien Referenzkarte ermittelt. Sind diese Punktpaare räumlich möglichst homogen verteilt, können daraus die verschiedenen Visualisierungen berechnet werden.

4 MapAnalyst – eine Software zur Analyse alter Karten

Die planimetrische Analyse alter Karten mithilfe von Computersoftware ist deutlich schneller, zuverlässiger und objektiver als mit analogen Methoden. Trotz dieses offensichtlichen Vorteils gab es bisher kein benutzerfreundliches Computerprogramm, das leicht erhältlich war. Die meisten der bestehenden Lösungen waren nicht einfach

⁹ Wagner, Hermann: „Das Rätsel der Kompaßkarten im Lichte der Gesamtentwicklung der Seekarten“. In: *Verhandlungen des elften Deutschen Geographentages zu Bremen am 7., 8. und 9. April 1895*, Bremen, Kollm, G. (Hg.), Berlin, 1896, Nachdruck in Köberer, Wolfgang (Hg.): *Das rechte Fundament der Seefahrt. Deutsche Beiträge zur Geschichte der Navigation*. Hamburg, Hoffmann und Campe, 1982, S. 8–34 & 302–303. Verzerrungsgitter wurden zuerst von Wagner verwendet. In neuerer Literatur wird die Erfindung des Verzerrungsgitters manchmal fälschlicherweise Eduard Imhof zugeschrieben, wie von Gustav Forstner und Markus Oehrli aufgezeigt (siehe Fussnote 10).

¹⁰ Forstner, Gustav; Oehrli, Markus: „Graphische Darstellungen der Untersuchungsergebnisse alter Karten und die Entwicklung der Verzerrungsgitter“. In: *Cartographica Helvetica*, Nr. 17, 1998, S. 35–43.

zugänglich, benötigten ein bestimmtes Betriebssystem, basierten teilweise auf teurer GIS-Software oder verfügten über eine komplizierte Benutzeroberfläche.

Dieser Mangel hat das Institut für Kartografie der ETH Zürich bewogen, MapAnalyst zu entwickeln, ein benutzerfreundliches Programm, das gratis erhältlich ist.¹¹ MapAnalyst basiert auf der Java-Programmierungsumgebung und ist deshalb auf allen gängigen Computerplattformen lauffähig. Abbildung 5 zeigt MapAnalyst zum Beispiel mit Mac OS X.¹² Es können Fehlervektoren, Verzerrungsgitter und Isolinien gleichen Massstabs und gleicher Drehung berechnet werden. Die dazu notwendigen Parameter werden in einer grafischen Oberfläche konfiguriert und die erzeugten Grafiken in verschiedenen Formaten gespeichert.

Eine Kartenanalyse mit MapAnalyst beginnt mit dem Einlesen einer gescannten alten Karte und einer ebenfalls im Rasterformat digital vorliegenden aktuellen Referenzkarte. Der Benutzer der Software bestimmt korrespondierende Orte in den zwei Karten und platziert Punktpaare an diesen Orten. Anschliessend werden die Parameter für die Berechnung der Genauigkeitsvisualisierung gewählt. Die Berechnung der verschiedenen Visualisierungen benötigt normalerweise weniger als eine Sekunde. Die Anpassung der Maschenweite eines Verzerrungsgitters oder die Berechnung des Massstabs nur für einen Kartenteil können somit sehr rasch durchgeführt werden.

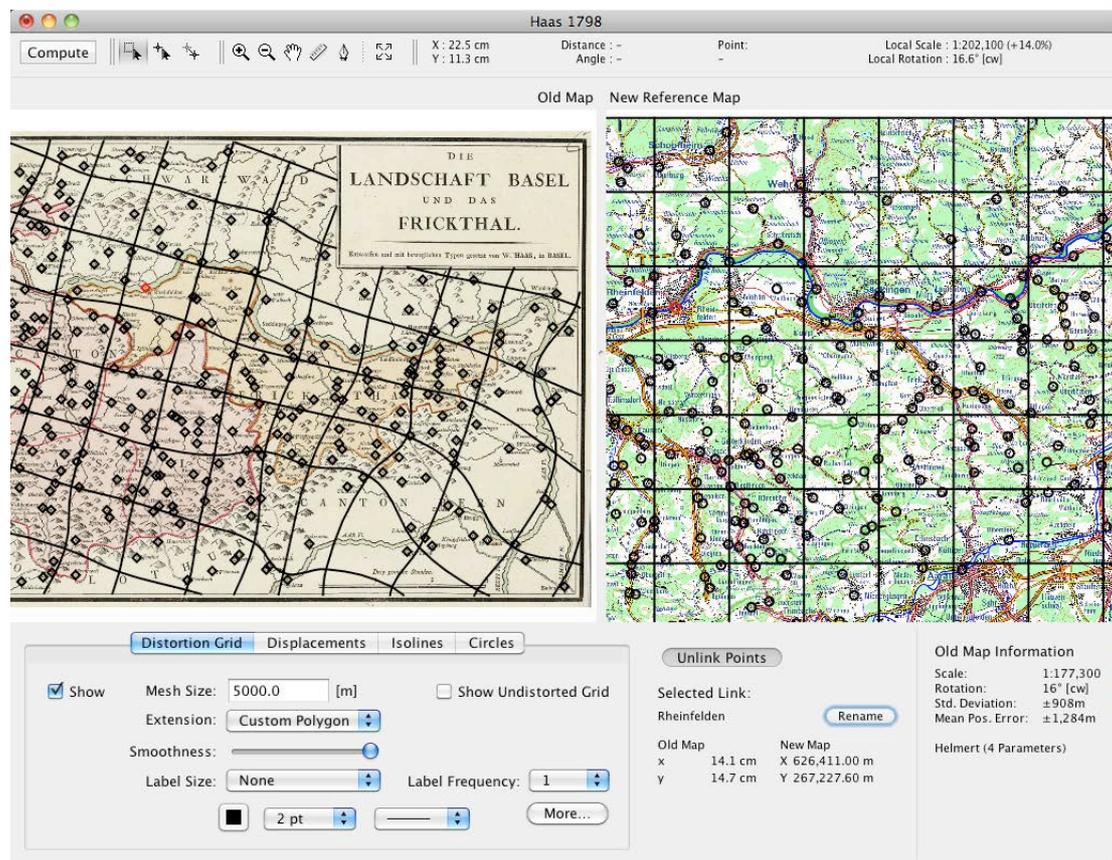


Abb. 5. Screenshot von MapAnalyst; links eine alte Karte, rechts die Referenzkarte.

¹¹ Jenny, Bernhard; Weber, Adrian; Hurni, Lorenz: „Visualizing the planimetric accuracy of historical maps with MapAnalyst“. In: *Cartographica*, Nr. 42-1, 2007, S. 89–94.

¹² Siehe <http://mapanalyst.cartography.ch> (Stand: 20.10.2008) für den Download und weitere Informationen zu MapAnalyst.

5 Eine Anwendung: der Thurgau in alten Karten

Mit einer Untersuchung der planimetrischen Genauigkeit kann die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der aus der Karte extrahierten Daten abgeschätzt werden. Eine planimetrische Analyse kann aber auch zur Überprüfung von Hypothesen zur Herstellung von Karten herangezogen werden. Zum Beispiel lassen sich damit Annahmen zu Vermessungsmethoden, Grundlagenkarten oder zur Kartenprojektion untersuchen.

Als Beispiel soll hier der Frage nachgegangen werden, ob eine Karte von einer anderen kopiert wurde oder ob sie auf einer Neuvermessung der abgebildeten Landschaft basiert. Bei der zu untersuchenden Karte handelt es sich um eine Manuskriptkarte von Ferdinand Rudolf Hassler vom Kanton Thurgau von 1798 (Abbildung 6).¹³ Hassler war ein Mathematiker und Physiker, der sich zuerst in der Schweiz als Vermesser betätigte und 1805 in die USA auswanderte. Dort bekam er eine Stelle als Professor für Mathematik. Später übernahm er leitende Positionen im Bereich der Küstenvermessung (erster Leiter des *United States Coast Survey*) und der Vereinheitlichung von Massen und Gewichten in den USA.

Zur Karte von Hassler schreibt Johann Rudolf Wolf schon 1879 in seinem Standardwerk zur Kartografiegeschichte der Schweiz: „Eine ganz nett gezeichnete, 78 auf 45 cm. haltende "Carte vom Thurgau" endlich, welche zu dem Hassler'schen Nachlasse gehört, und sehr wahrscheinlich von Hassler selbst ausgefertigt ist, beruht, wenigstens was die Anlage betrifft, ebenfalls ganz sicher auf der Karte von Nötzli.“¹⁴ Wolf meint damit eine undatierte Manuskriptkarte von Kaspar Nötzli, die vor der Mitte des 18. Jahrhunderts entstanden ist und den Kanton Thurgau samt umliegendem Gebiet zeigt (Abbildung 7).¹⁵

Es soll nun untersucht werden, ob Wolf mit seiner Vermutung richtig lag, dass Hassler als Grundlage für seine Karte jene von Nötzli verwendet hatte und nicht den um dieselbe Zeit entstehenden „Atlas Suisse“ (Abbildung 8).¹⁶ Für den „Atlas Suisse“ wurden neue Vermessungen durchgeführt, und es wäre entsprechend naheliegend, dass Hassler diese neuere Quelle verwenden würde.

¹³ Die Karte wurde von Martin Rickenbacher, swisstopo, untersucht. Die hier beschriebenen Resultate sowie Hasslers Leben und Wirken in der Schweiz sind publiziert in: Rickenbacher, Martin: „Ferdinand Rudolf Hassler und die Vermessung der Schweiz 1791–1803“. In: *Cartographica Helvetica*, Nr. 36, 2007, S. 11–25. Die Autoren möchten Martin Rickenbacher, herzlich dafür danken, dass er ihnen die Resultate seiner Untersuchung der Karten des Thurgaus grosszügigerweise zur Verfügung gestellt hat.

¹⁴ Wolf, Johann Rudolf: *Geschichte der Vermessungen in der Schweiz*. Zürich 1879, S. 320; hier Zitat S. 75.

¹⁵ Nötzli, Kaspar: „Die Land Graafschaft Thurgeü und allen darin ligenden Herschafften, wie auch der Stetten, Clösteren Schlösseren, und der meisten Dörfferen und Höfen, samt angränzenden Landschafften“. Nicht datiert, ca. 1:110 000, Manuskriptkarte, 64×36 cm. Zentralbibliothek Zürich, Kartensammlung, MK 2157.

¹⁶ Meyer, Johann Rudolf; Weiss, Johann Heinrich; Müller, Joachim Eugen: „Atlas Suisse“. 1796–1802, ca. 1:120 000, 16 Karten, je ca. 70×51 cm.



Abb. 6. “Carte vom Thurgau”, Ferdinand Rudolf Hassler, 1798. Staatsarchiv Bern (rechts Ausschnitt).

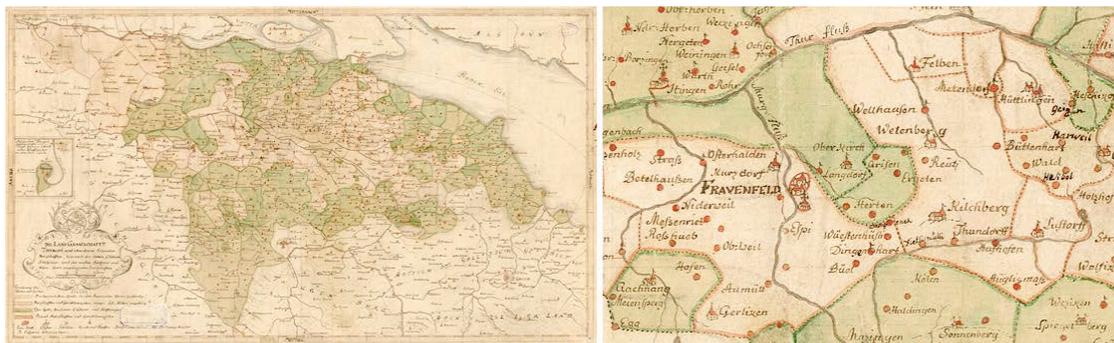


Abb. 7. “Die Landgrafschaft Thurgau [etc.]”, Johannes Nötzli, undatiert, Zentralbibliothek Zürich.



Abb. 8. “Atlas Suisse”, Johann Rudolf Meyer, Johann Heinrich Weiss und Joachim Eugen Müller, 1796–1802, Ausschnitt aus den Blättern Nr. 3 und 4.

Zur Untersuchung des Ursprungs der Karte von Hassler wird nun wie folgt vorgegangen: Die Karte von Hassler und eine moderne Referenzkarte (Landestopografie 1 : 200 000) werden in MapAnalyst geladen und korrespondierende Punktpaare in den zwei Karten identifiziert. Da die zu untersuchende Karte relativ ungenau ist und einen grossen

Masstab besitzt, werden kaum zusätzliche Verzerrungen durch eventuell unterschiedliche Projektionen der zwei Karten entstehen. Die Referenzkarte braucht deshalb nicht umprojiziert zu werden.

Es werden möglichst viele Punktpaare identifiziert (im Beispiel werden 52 Punktpaare verwendet), die möglichst gleichmässig über das ganze zu untersuchende Gebiet verteilt sind. Sind die Punktpaare bestimmt, wird eine erste Version von Verzerrungsgitter und Fehlervektoren berechnet. Wenn nötig werden einige Parameter justiert (das können die Maschenweite des Gitters, Linienbreiten oder Farben sein) sowie die definitiven Grafiken erzeugt und exportiert.

Nachdem diese Prozedur auch mit den zwei anderen alten Karten durchgeführt wurde, können die erzeugten Visualisierungen verglichen werden. Dazu werden in einem Grafikprogramm (zum Beispiel Adobe Illustrator) die Grafiken übereinandergelegt.

Ein Vergleich der Verzerrungsgitter ist sehr aufschlussreich (Abbildungen 9 und 10): Werden die Verzerrungsgitter von Hasslers und Nötzlis Karten übereinandergelegt, wird deutlich, dass die zwei Karten nach sehr ähnlichen Mustern verzerrt sind. Hingegen zeigt eine Kombination der Verzerrungsgitter von Hasslers Karte und dem Atlas Suisse grosse Unterschiede auf. Im Gebiet zwischen dem Untersee, Frauenfeld und Bischofszell ist der Atlas Suisse sehr stark verzerrt. Die Verzerrungsmuster unterscheiden sich hier eindeutig von Hasslers Karte.

Für eine detailliertere Analyse werden die Fehlervektoren im Koordinatensystem der modernen Referenzkarte berechnet. Damit zeigt jeder Vektor vom korrekten, modernen Ort dorthin, wo er vom Kartografen vor zweihundert Jahren platziert wurde. Wird das Koordinatensystem der Referenzkarte verwendet, können die Genauigkeitsvisualisierungen von mehreren Karten in einem GIS kombiniert werden.

Abbildung 11 zeigt entsprechend die Fehlervektoren der drei alten Karten mit einer vereinfachten Referenzkarte im heute von der Landestopografie verwendeten Koordinatensystem. Die Lageunterschiede können damit Punkt für Punkt verglichen werden. Dabei wird deutlich, dass Hassler die Karte von Nötzli fast exakt kopiert hat. Die wenigen unterschiedlichen Fehlervektoren sind wohl auf kleine Nachlässigkeiten von Hassler zurückzuführen und nicht auf verbesserte Grundlagendaten oder gar eigene Vermessungen.

Hingegen weichen die Fehlervektoren des Atlas Suisse sehr stark von Nötzlis und Hasslers Karten ab. Sie sind an vielen Stellen sehr viel grösser und zeigen ein stark unterschiedliches Richtungsmuster. Es kann deshalb die von Wolf geäusserte Vermutung bestätigt werden, dass Hassler die Karte von Nötzli kopiert hat.

Als Nebenresultat dieser Untersuchung kann auch festgehalten werden, dass im Vergleich zur etwa 70 oder 80 Jahre älteren Karte von Nötzli die Neuvermessung für den Atlas Suisse im Gebiet des Kantons Thurgau ein klarer Rückschritt war, was die planimetrische Genauigkeit betrifft.

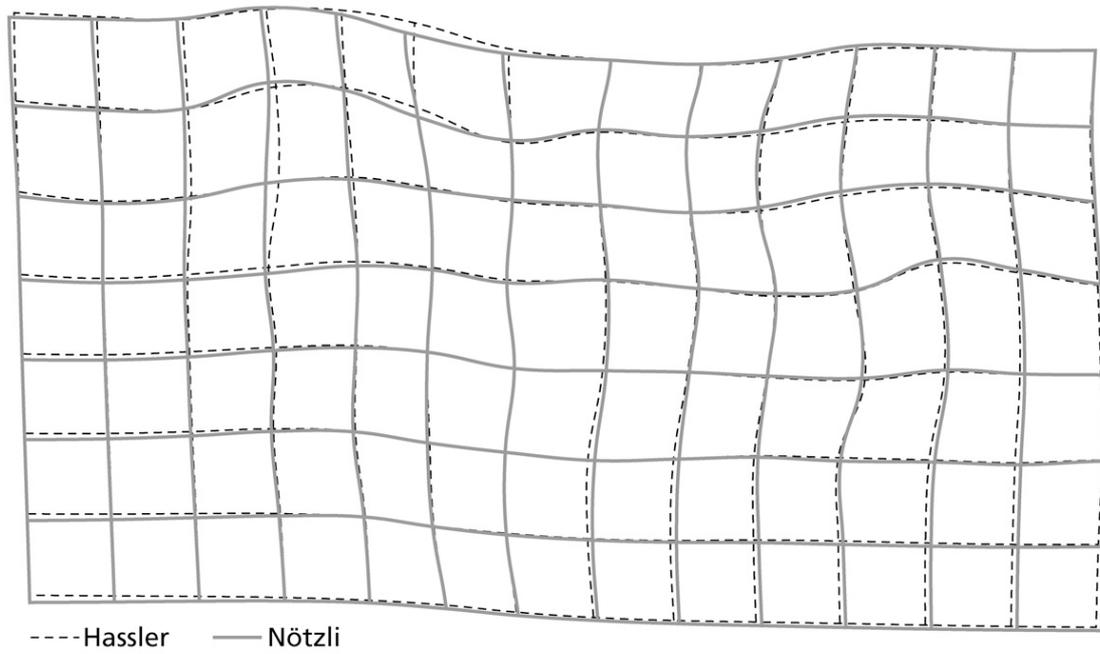


Abb. 9. Verzerrungsgitter für Hasslers "Carte vom Thurgau" und Nötzlis "Die Landgraafschaft Thurgeu [etc.]".

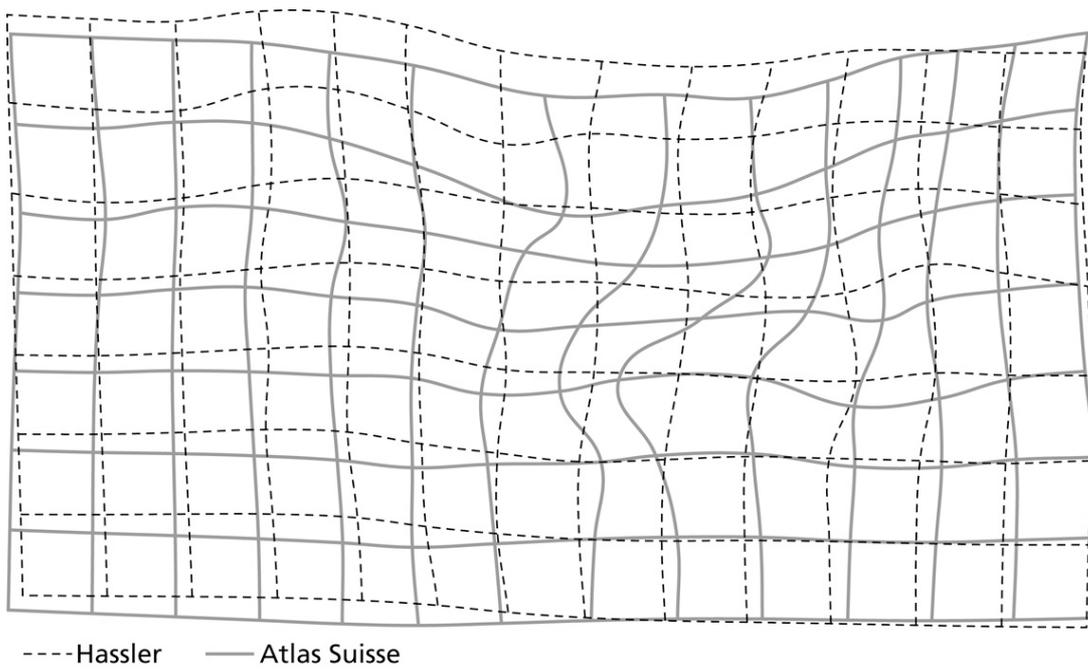


Abb. 10. Verzerrungsgitter für Hasslers "Carte vom Thurgau" und für den Atlas Suisse.

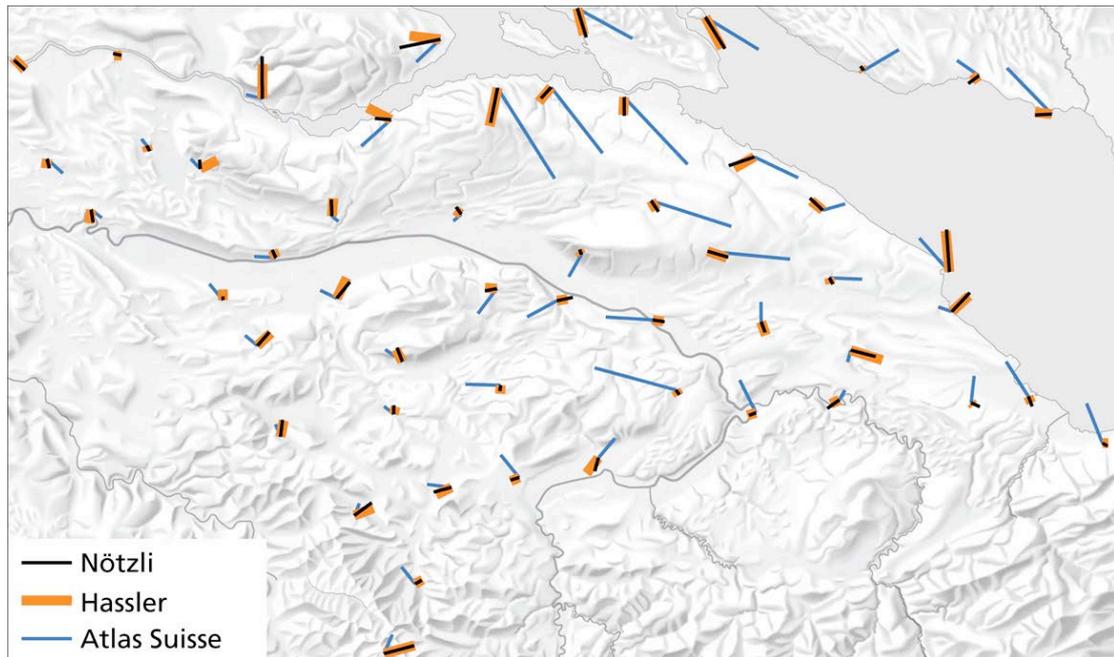


Abb. 11. Fehlervektoren für die Karten von Hassler und Nötzli sowie dem Atlas Suisse.

6 Fazit

Alte Karten werden heute vermehrt als Quellen für die historische Forschung wahrgenommen und verwendet. Dies wird erleichtert durch die immer grössere Verfügbarkeit von alten Karten in digitalisierter Form, durch leicht zu bedienende und kostengünstige GIS-Software und das weitverbreitete Wissen um die Möglichkeiten, die sich damit für Geografie-historische Untersuchungen ergeben. Werden alte Karten georeferenziert und Informationen daraus extrahiert, stellt sich aber die Frage nach deren Genauigkeit und Zuverlässigkeit.

Die topografische Genauigkeit (Vollständigkeit der vorhandenen Information) kann meist nur basierend auf Hintergrundwissen zu Entstehung und Zweck der Karte abgeschätzt werden. Auch die chronometrische Datierung benötigt oft kartenhistorisches oder kartenbibliografisches Wissen zur Interpretation der Randinformationen einer Karte. Die planimetrische Genauigkeit kann hingegen mit MapAnalyst einfach untersucht und visualisiert werden. Doch auch hier dürfte der Historiker auf Fachwissen zu Kartenprojektionen angewiesen sein, wenn kleinmasstäbliche oder relativ genaue Karten untersucht werden.

Für eine erfolgreiche Analyse alter Karten wird deshalb oft eine Zusammenarbeit von Historikern, Kartografen, GIS-Spezialisten und Kartenhistorikern notwendig sein. Wir hoffen, mit MapAnalyst dazu einen Beitrag geleistet zu haben, einer Software, die es auch GIS-unerfahrenen Benutzern erlaubt, die planimetrische Genauigkeit alter Karten zu untersuchen.