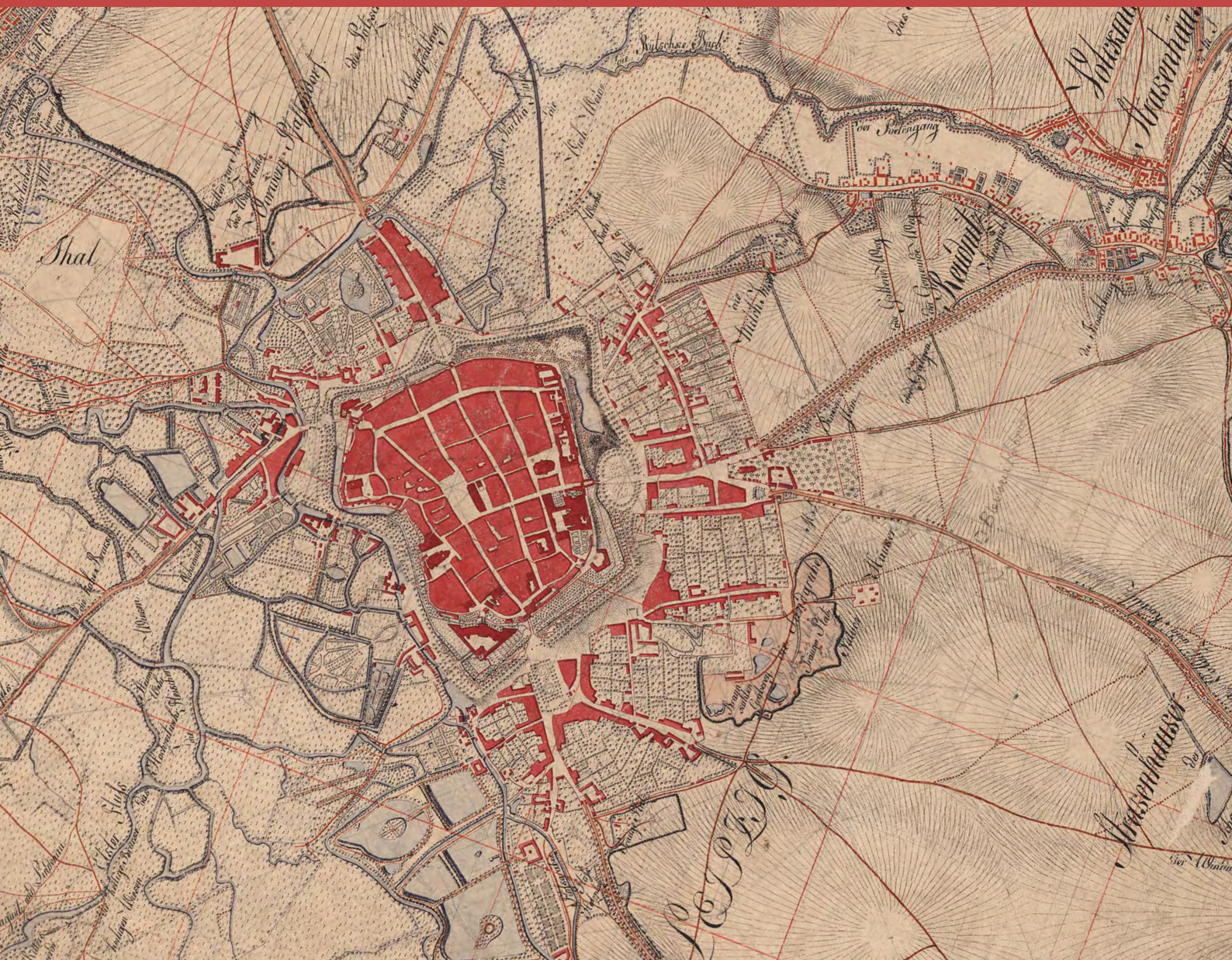


GEOREFERENZIERUNG UND ANDERE STRATEGIEN ZUR VERRÄUMLICHUNG VON INFORMATIONEN AUS ALTKARTEN – EIN LEITFADEN

Johannes Schmidt, Alexander Voigt, Vera Seeburg, Anne Köhler, Martin Offermann, Christoph Zielhofer, Lukas Werther

<https://doi.org/10.34780/8XZW-GF31>



Georeferenzierung und andere Strategien zur Verräumlichung von Informationen aus Altkarten - ein Leitfaden

Johannes Schmidt (<https://orcid.org/0000-0002-4584-7382>)^{1,2*}, Alexander Voigt (<https://orcid.org/0009-0006-7958-9381>)^{3,4}, Vera Seeburg (<https://orcid.org/0009-0005-5477-628X>)⁵, Anne Köhler (<https://orcid.org/0000-0002-8511-4407>)¹, Martin Offermann (<https://orcid.org/0009-0005-0755-1854>)^{1,2}, Christoph Zielhofer (<https://orcid.org/0000-0001-9551-4466>)^{1,2}, Lukas Werther (<https://orcid.org/0000-0003-4128-7370>)⁶

¹ Institut für Geographie, Universität Leipzig, Leipzig

² AG Historische Anthroposphären, LeipzigLab, Universität Leipzig, Leipzig

³ Institut für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte (IADK), Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Bamberg

⁴ Institut für Geographie, Otto-Friedrich-Universität Bamberg, Bamberg

⁵ Abteilung für Archäologie des Mittelalters, Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen

⁶ Deutsches Archäologisches Institut, Römisch-Germanische Kommission, Frankfurt a.M.

*Corresponding author: j.schmidt@uni-leipzig.de

Schlagerworte: Altkarten, Historische Geographie, Georeferenzierung, Vektorisierung, Metadaten

to be cited as / bitte zitieren als: J. Schmidt/ A.Voigt/ V. Seeburg et al., Georeferencing and other strategies to spatialise information from old maps. A collection of best practice recommendations / Georeferenzierung und andere Strategien zur Verräumlichung von Informationen aus Altkarten - ein Leitfaden. i.DAL.repo (Berlin 2024). <https://doi.org/10.34780/8XZW-GF31>

Kurzfassung

Altkarten sind von unschätzbarem Wert für die archäologische, historische und ökologische Forschung über vergangene Landschaften und ihre Veränderungen im Laufe der Zeit. Um die Qualität und Reproduzierbarkeit der Daten zu gewährleisten, sind multidisziplinäre Leitlinien für die systematische Verwaltung von Metadaten, die Georeferenzierung und die Vektorisierung von alten Kartenmerkmalen von entscheidender Bedeutung. Bisher gibt es jedoch keine solchen Leitlinien. Zu den wichtigsten Empfehlungen dieser Best-Practice-Empfehlungen gehören die konsistente Erfassung von Metadaten, klare Dateistrukturen, standardisierte Koordinatenreferenzsysteme und die Qualitätsbewertung der Georeferenzierung. Der Schwerpunkt liegt dabei auf transparenten Verfahren und Dokumentationen, basierend auf Beispielen, Erfahrungen und Anforderungen innerhalb des DFG-Schwerpunktprogramms "Auf dem Weg zur fluvialen Anthroposphäre" (SPP 2361). Diese Empfehlungen bieten einen Ausgangspunkt für die Entwicklung von Gold-Standard-Richtlinien für die Verräumlichung und Standardisierung von Informationen aus Altkarten.

I. Einleitung

Die Vergleichbarkeit von Daten aus Altkarten ist in vielerlei Hinsicht von herausragender Bedeutung für eine Vielzahl von wissenschaftlichen Fragestellungen (Hohensinner et al. 2013, Zielhofer et al. 2022). Altkarten liefern eine Fülle von historischen Informationen zu geographischen und kulturellen Merkmalen, die sich für eine Vielzahl von Zugängen zu vergangenen Landschaften als äußerst wertvoll erweisen (Stäuble et al. 2008, Schuppert 2013). Die Entwicklung der historischen Kartographie ist vielfach beschrieben und diskutiert worden (Kretschmer 1986, Ebeling 1999, Schenk 2012, Schneider 2018). Die allgemeine Situation von Altkarten in Archiven und deren Beständen wurde bereits zusammengefasst (Wolff 1987, Zögner und Klemp 1998, Grabe 2016); jedoch können durch intensive Archivarbeit immer wieder weitere Altkarten zu Tage gefördert werden. Altkarten sind vielversprechende Quellen für die Geschichtswissenschaft und Geoarchäologie (Horst 2008, Winiwarter 2011, Matschenz 2012, Werther 2022). Von der Kartierung historischer Siedlungen bis hin zur Analyse von Umweltveränderungen im Laufe der Zeit bieten Altkarten eine einzigartige Perspektive auf vergangene Landschaften und menschliche Aktivitäten (Domaas und Möller 2009, Rödel 2010).

Die theoretischen Grundlagen der Quellenkritik (Horst 2008, Schenk 2012) und der Raumkonzepte (Ebeling 1999, Dünne 2008) sind bekannt, werden aber nicht immer vertieft einbezogen. (Semi-) quantitative Analysen raumbezogener historischer Merkmale gewinnen in multidisziplinären Forschungsprojekten zunehmend an Bedeutung (Werther et al. 2021, Zielhofer et al. 2022). Daher ist die Integration von Altkarten in Geographische Informationssysteme (GIS) von entscheidender Bedeutung (Bender 2009a, Bender 2009b, Pröschel et al. 2022). Die Georeferenzierung von Altkarten ist komplex. Je nachdem, wie

die Karte aufgenommen wurde und in welcher kartographischen Qualität sie vorliegt, sind unterschiedliche Verfahren erforderlich (Jenny et al. 2009, Affek 2013). Beispiele für eine exakte Georeferenzierung in hochdetaillierten und standardisierten (maßstabsgetreuen) kartografischen Karten (z. B. Katasterkarten, Flurkarten usw.) sind über das geodätische Netz verfügbar (Affek 2013). Altkarten aus der Zeit vor dem 18. Jahrhundert sind oft nicht maßstabsgetreu und können nur bedingt georeferenziert werden (Werther 2022). Anstelle eines geodätischen Netzes werden persistente anthropogene oder natürliche Merkmale in Karten als Georeferenzierungspunkte verwendet (Jäschke und Müller 1999, Schuppert 2013).

Es gibt jedoch bisher keinen multidisziplinären Leitfaden für Best-Practice-Standards für die Verräumlichung und Standardisierung von Informationen aus Altkarten. Die Dokumentation aller erforderlichen Metadaten ist entscheidend für die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit von Datensätzen. Außerdem fehlt ein standardisiertes Protokoll für die Vektorisierung von Kartenmerkmalen.

Diese Best-Practice-Empfehlungen widmen sich insbesondere der grafischen Darstellung von geografischen Informationen, wobei der Schwerpunkt auf der nachvollziehbaren Dokumentation von Daten und Metadaten liegt. Sie bieten auch Anregungen zur Quellenkritik und zur eindeutigen Zitation und Dokumentation, die notwendig sind, um die Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit von Forschungsdaten und -ergebnissen zu gewährleisten. Die Initiative zu diesen Empfehlungen geht auf Beispiele, Erfahrungen und Anforderungen innerhalb des DFG-Schwerpunktprogramms "Auf dem Weg zur fluvialen Anthroposphäre" (SPP 2361) zurück, das u.a. zum Ziel hat, Standards für die Nutzung und Dokumentation von Altkarten zu etablieren, um vergangene Veränderungen von Auen

und deren anthropogene Nutzung und Veränderung aufzudecken (Werther et al. 2021). Sie bieten einen Ausgangspunkt für die Entwicklung von Gold-Standard-Richtlinien für die Verräumlichung und Standardisierung von Informationen aus alten Karten in der breiteren wissenschaftlichen Gemeinschaft. Sie bieten auch Best-Practice-Empfehlungen für eine systematische Sammlung und Analyse von Daten aus alten Karten. Um die Eignung unserer Empfehlungen für spezifische Projektanforderungen zu verbessern, können zusätzliche Kategorien hinzugefügt werden. Die Verwendung von Altkarten eröffnet ein breites Spektrum an Forschungsmöglichkeiten, und wir hoffen, dass diese Empfehlungen und künftigen Leitlinien dazu beitragen werden, die Qualität und Reproduzierbarkeit von Forschungsergebnissen in diesem Bereich zu verbessern. Die hier vorgestellten Empfehlungen werden von einer Auswahlbibliographie und einer Liste von Links zu Online-Quellen begleitet, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, sondern einen Einstieg in das Thema bieten sollen. Wir möchten alle Leserinnen und Leser ermutigen, den hier vorgeschlagenen Mindeststandard zu ergänzen und weitere spezifische Informationen und Erfahrungen einzubringen, um die Vollständigkeit und Genauigkeit auf dem Weg zu einem Goldstandard zu verbessern. Empfehlungen, Erfahrungsberichte und Ergänzungen sind sehr willkommen, bitte kontaktieren Sie uns über den korrespondierenden Autor.

2. Dokumentation und Metadaten

Für jede spätere Nachnutzung der Ergebnisse, sowie einen sauberen Nachweis der verwendeten Methodik und erzielten Datenqualität ist es notwendig, grundlegende Metadaten jeder Altkarte und jedes aus Altkarten neu erzeugten Datenproduktes (georeferenzierte Varianten, Vektorisierungen/ Umzeichnungen einzelner Kartenelemente etc.) zugänglich und transparent zu machen. Folgende

obligatorische Informationen werden tabellarisch in einer Metadaten-Übersicht oder einer *readme* erfasst. Wir empfehlen die Speicherung der tabellarischen Metadateninformationen in einem archivwürdigen Text-Format (z.B. CSV, TXT; eine Beispieltabelle liegt dieser Publikation digital bei):

- **ID:** Einmalige Identifikationsnummer/-name. Wir empfehlen, jeder Altkarte, die in Projekten zur Georeferenzierung und Vektorisierung verwendet wird, eine eindeutige ID zuzuweisen, damit jede vektorisierte Geometrie mit ihrer Kartenquelle verknüpft und zurückverfolgt werden kann. ID besteht aus zwei Buchstaben (projektbezogen) und durchnummerierten Zahlen (immer mit drei Ziffern), z.B. KO-001
Als Beispiel die SPP-interne Auflistung:
 - » Echaz-Eger = EE
 - » Havel-Donaumoos = HD
 - » Leipzig = LE
 - » Weschnitz = WE
 - » Upper Rhine = UR
 - » Harz = HA
 - » Wiesent = WI
 - » Koordination = KO
- **Name Ursprungsdatei:** z.B. Beispiel.tif
- **Kommentar Ursprungsdatei:** z.B. Information zur Herkunft eines WMS-layers
- **Name Karte:** Titel der Originalkarte
- **Herausgeber/Zeichner/Auftraggeber:** Freitext für Informationen zu den Herausgebern/Zeichnern/Auftraggebern/etc. der Karte
- **Datierung:** Angabe zur Entstehungszeit der Karte

- **Kommentar Datierung:** Freitext für zusätzliche Informationen zur zeitlichen Einordnung der Karte
- **Kurzbeschreibung:** Kurzbeschreibung der Karte mit Entstehungskontext, Karteninhalt, Herstellungsverfahren (handgezeichnet, trigonometrisch vermessen)
- **Referenz Archiv & Signatur:** Referenz des Archivs und der Inventarnummer des gedruckten Originals
- **Koordinatenbezugssystem:** Verwendetes Projektionssystem (EPSG-Code)
- **Georeferenzierungsgrundlage:** Verwendete Grundlage zur Georeferenzierung (ID oder Name)
- **Name Passpunktdatei:** Name der Datei mit der Punkteliste und Koordinaten der verwendeten Passpunkte (ASCII or UTF-8 kodierte Textdatei (z.B. POINTS, CSV, TXT)- oder anderes archivwürdiges Format (z.B. GML))
- **Transformationsverfahren:** Angabe zum Transformationsverfahren (z.B. linear, thin plate spline, etc.)
- **Subjektive Qualitätseinschätzung der Georeferenzierung:** Freitext zur subjektiven Einschätzung der Qualität der Georeferenzierung und ggf. besserer/schlechterer Bereiche innerhalb der Karte
- **Datum der Georeferenzierung (im ISO 8601 Format: YYYY-MM-DD)**
- **Höhenreferenzsystem:** Angabe zum Höhenreferenzsystem insofern angegeben (Grundlage und Bezugssystem der Höhenvermessung; nach Möglichkeit EPSG-Code)
- **Georeferenzierungsprogramm und Version:** Verwendetes Programm zur Georeferenzierung und die jeweilige Version
- **Bearbeiter:in:** Name des Bearbeitenden
- **Copyright und Lizenzen:** Anmerkungen und Bemerkungen zum Copyright und Lizenzen als Freitext
- **URL:** URL des WebMapService (falls zutreffend)
- **Zugriff:** Datum des letzten Zugriffs auf die URL

Wir empfehlen außerdem eine zweiteilige Ablagesystematik der Daten:

1. Ordner „Raw_Data_Old_Maps“

Hier werden alle noch unbearbeiteten und nicht georeferenzierten digitalisierten Altkarten abgelegt.

2. Ordner „Processed_Data_Old_Maps“

Hier werden sämtliche bearbeiteten Daten wie georeferenzierte Karten sowie Vektorisierungen bestimmter Karteninhalte gespeichert. Unterteilt werden die Daten weiter nach Raster- (..\Raster) und Vektordateien (..\Vektor). Dies betrifft z. B. georeferenzierte Rasterdaten oder in einem GIS erstellte Vektordaten. In beiden Ordnern gibt es jeweils auch einen Dokumentationsordner (..\Raster\Dokumentation; ..\Vektor\Dokumentation), wo z.B. Vektorisierungsvorlagen und Metadaten wie Tabellen mit Dateiumbenennungen und Fehlerprotokollen der georeferenzierten Raster-Dateien (..\Raster\Dokumentation\Fehlerprotokolle) archiviert werden, falls diese im Arbeitsprozess anfallen.

3. Koordinatenbezugssystem

Altkarte und Georeferenzierungsquelle müssen im selben Koordinatenbezugssystem vorliegen. Wir empfehlen eine einheitliche Nutzung innerhalb von Projekten mit mehreren Nutzer:innen (Der SPP 2361 hat sich auf die Nutzung der projizierten Systeme EPSG:25832 und EPSG: 25833 geeinigt). Das Höhenreferenzsystem spielt für die vertikale Genauigkeit auf der lokalen Skala eine wichtige Rolle, aber auch für überregionale Vergleiche sollten einheitliche Systeme genutzt werden. Für die Nutzung innerhalb des SPP 2361 empfehlen wir die Nutzung des „Deutschen Haupthöhennetz 2016 - DHHN2016“ (EPSG:7837). Wichtig ist die Angabe des zugrunde liegenden Höhenreferenzsystems bei der Vektorisierung von Höhen aus Altkarten.

4. Genauigkeit, Zielmaßstab und Geobasisdaten für die Georeferenzierung

Als Grundlage für die Georeferenzierung können alle bereits vorhandenen georeferenzierten Daten verwendet werden – z.B. Topographische Karten, Flurkarten, andere Altkarten, hochauflösende Luftbilder, digitale Geländemodelle. Entscheidend für die Genauigkeit (Qualität der Georeferenzierung) sind neben dem Maßstab der Altkarte und der Auflösung des Digitalisats vor allem der Maßstab sowie die Auflösung der Georeferenzierungsgrundlage – die Georeferenzierung kann nie genauer sein als die Grundlage. Vor Beginn der Georeferenzierung sollten das Ziel und die dafür notwendige Genauigkeit evaluiert werden, um den Aufwand entsprechend anzupassen. Es sollte immer mit einer angemessenen (maßstabsbezogen) Georeferenzierungsgrundlage gearbeitet werden – zum Beispiel bei der Georeferenzierung einer großmaßstäblichen Augenscheinkarte im Idealfall Flurkarten, Urkataster oder Flurkartenäquivalente (z.B. hochauflösende Ortho-

photos) im Maßstab 1:1.000 bis 1:5.000, bei kleinmaßstäblichen Karten wie Überblickskarten entsprechend kleinmaßstäbliche Vorlagen wie DTK50, 100, 250 etc.

5. Verschiedene Vorgehensweisen der Georeferenzierung

5.1 Georeferenzierung mit bekannten Koordinaten

Im besten Falle sollte als Grundlage eine Georeferenzierung einer eingescannten Originalkarte mithilfe von offiziellen Blattschnittmustern oder den Eckkoordinaten erfolgen. Dies ist in der Regel für die Urkatasterkarten möglich. Bei der Verwendung von WMS-Layern als Georeferenzierungs- oder Vektorisierungsgrundlage sollte deren Qualität überprüft werden. Die empfohlene Methode für die Georeferenzierung mit bekannten Koordinaten ist „projektiv“ mit der Abtast-Methode „nächster Nachbar“.

5.2 Georeferenzierung mit Passpunkten

Zur Georeferenzierung mittels Kontrollpunkten ist die Persistenz der Punkte von höchster Wichtigkeit. Tabelle 1 listet Beispiele für beständige Objekte (Abhängigkeit vom Maßstab der Karte).

Die Passpunkte für die Georeferenzierung sollten so gleichmäßig wie möglich auf der Altkarte verteilt sein, wenn es das Ziel ist, die gesamte Karte bestmöglich zu georeferenzieren (mindestens vier Punkte). Wichtig ist es in diesem Fall, auch die Peripherie gut abzudecken. In Bereichen, die nicht durch Passpunkte abgedeckt sind, kann es ansonsten zu starken Verzerrungen kommen. Alternativ kann jener Ausschnitt der Karte bestmöglich georeferenziert werden, der für die Bearbeitung im Fokus steht, z.B. der Auenraum. Das kann bei stark verzerrten Karten oder Karten mit einer sehr unpräzise dargestellten Peri-

Objekt	Bemerkung zur Qualität
Wegekreuzungen	Oft über Jahrhunderte lagegetreu
Böschungsoberkanten von Ackerhohlformen	Ungenau, aber auf ausgedehnten Ackerflächen meist die einzigen identifizierbaren Objekte
Richtungsänderungen von Wegen	Aufgrund Straßenneubau/-ausbau nur teilweise nutzbar
Gemarkungsgrenzen	Häufige Konstanz über Jahrhunderte
Gebäude (z.B. Kirchen)	Häufige Konstanz über Jahrhunderte
Spezielles Gebäudemerkmal	Bei großmaßstäblichen Karten sind konkrete Angaben zu architektonischen Besonderheiten relevant
Spezielles Geländemerkmale (z.B. charakteristische Felsformation)	Persistente topographische Objekte

Tabella 1: Verwendbare Referenzierungspunkte zur Georeferenzierung (ergänzt nach Schuppert 2013)

pherie oft der bessere Weg sein, als das ganze Kartenblatt gleichmäßig gut zu georeferenzieren. Eine weitere Möglichkeit ist, bereits vor der Georeferenzierung nur jenen Teil der Karte, der von besonderem Interesse ist und genug Passpunkte aufweist, in einem Grafikprogramm auszuschneiden. Das Ergebnis der Georeferenzierung für diesen Ausschnitt kann dadurch, je nach Altkarte, deutlich besser sein als das Ergebnis für die Gesamtkarte. Unabhängig von der gewählten Vorgehensweise hängt die Zahl der Passpunkte von der gewünschten Genauigkeit, der Komplexität der Transformation und auch von der Zahl identifizierbarer Punkte sowie deren präziser Verortbarkeit ab. Je stärker die Karte gegenüber modernen Koordinatensystemen verzerrt ist, desto mehr Punkte sind nötig und desto komplexer muss transformiert werden (siehe „Überblick zu Transformationen“ unter Kapitel 7.2 URLs). Falls auch mit komplexen Transformationsverfahren kein befriedigendes Ergebnis, z.B. durch starke Verzerrung, erreicht werden kann, sollte eine Lokalisierung ohne Georeferenzierung (Kap. 5) erwogen werden. Das gewählte Verfahren sollte

dokumentiert und die Passpunkte unbedingt transparent in einer ASCII or UTF-8 kodierten Textdatei (z. B. POINTS, CSV, TXT)- oder einem anderen archivwürdigen Format (z. B. GML) bereitgestellt werden, damit auch spätere Nutzer die gleiche Georeferenzierung nochmals durchführen können.

6. Lokalisierung von Kartenstrukturen ohne Georeferenzierung

Nicht selten ist eine Georeferenzierung nicht möglich oder die Georeferenzierung führt zu keinem befriedigenden Ergebnis. Dies gilt v.a. für (handgezeichnete) Karten vor dem ausgehenden 18. Jh. In diesen Fällen kann es sinnvoll sein, nur ausgewählte Kartenelemente auf Basis ihrer räumlichen Lagebezüge zu sicher verortbaren Referenzobjekten (z.B. „flussabwärts der Brücke, auf halbem Weg zwischen Ort A und Ort B“) zu digitalisieren. Die entsprechenden Verortungen sind bestmöglich zu dokumentieren. Es sollte eine „Plausibilitätsprüfung (*a priori*-Wahrscheinlichkeit)“ durchgeführt werden. Auf der Grundlage von

qualitativen Informationen aus zusätzlichen (verifizierten) Quellen können subjektive Einschätzungen, unter Berücksichtigung eines Grundverständnisses der Topographie, vorgenommen werden. Es ist wichtig, diese Erkenntnisse in die Metadatentabelle („Subjektive Qualitätseinschätzung der Georeferenzierung“) einzubringen.

7. Vektorisierung von Kartenstrukturen

Für die Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit sollte die Vektorisierung von Kartenelementen bestmöglich standardisiert werden. Die verwendete Vektorgeometrie (Punkt, Linie oder Fläche) muss entsprechend der zu verfolgenden Fragestellung und den damit verbundenen Verarbeitungsschritten gewählt werden. Gegebenenfalls ist eine parallele Vektorisierung von Strukturen mit unterschiedlichen Vektorgeometrien angebracht. Eine Konvertierung von Vektorgeometrien ist zwar möglich, aber ggf. mit Informationsverlust verbunden.

Folgende Attributdaten sollten standardmäßig für jede Vektorisierung erfasst werden (eine Beispieltabelle liegt dieser Publikation digital bei):

- **StrucType** (Structure Type): Art der Struktur, z.B. aktives Gerinne, Altarm, Graben, Brücke, Mühle etc. Hierbei sollten zur besseren Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit Normvokabulare genutzt werden (siehe „INSPIRE Themes“ unter Kapitel 7.2 URLs)
- **RelStrucType** (Structure Type Reliability): Qualitative Angabe, wie sicher die Struktur bestimmt wurde, z.B. sicher, unsicher
- **RelStrucLoc** (Structure Location Reliability): Qualitative Angabe wie sicher die

Struktur verortet wurde, z.B. sicher, unsicher, parzellengenau etc.

- **Dat** (Dating): Datierung der Struktur, ausgehend von der Datierung der Altkartengrundlage
- **RelDat** (Dating Reliability): Qualitative Angabe der Datierungssicherheit der Struktur unter Einbeziehung von Sekundärinformationen, z.B. durch weitere Altkarten, historische Quellen, archäologische Befunde etc.
- **RealPlan** (Realized or Planned): Tatsächliche Umsetzung dieser Struktur (Trennung reale und projektierte/nicht umgesetzte Karteninhalte), z.B. geplante Kanaltrasse auf einem Bauplan, etc.
- **Descrip** (Description): Freitext für Notizen, Besonderheiten etc.
- **Editor** (Bearbeiter:in): Name der Bearbeiter:in
- **DateMod** (Modification Date): Datum der letzten Vektorisierung der Struktur, z.B. für den Fall, dass eine Vektorisierung über einen langen Zeitraum stattfindet oder im Nachhinein bearbeitet wird
- **IDSource** (Source ID): Bildnummer/eindeutige ID der Altkarte, auf der sich die Struktur befindet (für Verknüpfungen und Rückverfolgbarkeit)
- **Scale** (Maßstab): Grober Maßstab, in dem digitalisiert wurde (ggf. Maßstabsbereich von-bis angegeben, z.B. 1:1.000-1:2.000)

8. Bibliographie

8.1 Weiterführende Literatur

- A. Affek, Georeferencing of historical maps using GIS, as exemplified by the Austrian Military Surveys of Galicia. *Geographica Polonia*, 86,4, (2013) 375-390.
- O. Bender, Analyse der Kulturlandschaftsentwicklung der nördlichen Fränkischen Alb anhand eines katasterbasierten Geoinformationssystems. *Forschungen zur deutschen Landeskunde* 255 (Leipzig 2007).
- O. Bender, The concept of a historical landscape analysis using GIS with focus on Central Europe. In: O. Bender/N. Evelpidou/A. Krek et. al. (Hrsg.), *Geoinformation technologies for geocultural landscapes. European perspectives* (Boca Raton 2009a) 129-144.
- O. Bender, The workflow of historic landscape analysis using GIS with examples from Central Europe. In: O. Bender/N. Evelpidou/A. Krek et. al. (Hrsg.), *Geoinformation technologies for geocultural landscapes. European perspectives* (Boca Raton 2009b) 171-187.
- E. Biszak/H. Kulovits/S. Biszak et. al., Cartographic heritage of the Habsburg Empire on the web. The MAPIRE initiative. In: 9th International Workshop on Digital Approaches to Cartographic Heritage, (Budapest 2014) 26-31.
- S. T. Domaas/P. G. Møller, Technologies for integration and use of historical maps into GIS - Nordic examples. In: O. Bender/N. Evelpidou/A. Krek et. al. (Hrsg.), *Geoinformation technologies for geocultural landscapes. European perspectives* (Boca Raton 2009) 145-168.
- J. Dünne, Die Karte als Operations- und Imaginationsmatrix. Zur Geschichte eines Raummediums. In: J. Döring/T. Thielmann (Hrsg.), *Spatial turn. Das Raumparadigma in den Kultur- und Sozialwissenschaften. Sozialtheorie* (Bielefeld 2008) 49-69.
- D. Ebeling (Hrsg.), *Historisch-thematische Kartographie. Konzepte - Methoden - Anwendungen* (Bielefeld 1999).
- W. Grabe, Planspiele – Karten und Pläne in Kommunalarchiven. *Archivpflege in Westfalen-Lippe* 85, 2016, 26-32.
- M. Gierszewska-Noszczyńska/P. Noszczyński, Kartografische Quellen als ein relevanter Bestandteil archäologischer Forschung. In: H. Geißler/M. Gierszewska-Noszczyńska/P. Noszczyński (Hrsg.), *Das Bild des Ingelheimes Saals. Beitr. zur Ingelheimer Gesch.* 58 (Ingelheim 2018) 151-208.
- S. Hohensinner/C. Sonnlechner/M. Schmid et. al., Two steps back, one step forward. Reconstructing the dynamic Danube riverscape under human influence in Vienna. *Water History*, 5,2 (2013), 121-143.
- S. Hohensinner, *Bibliografie historischer Karten und Literatur zu österreichischen Flusslandschaften. Materialien zur Umweltgeschichte Österreichs* 3 (Wien 2015).
- T. Horst, Die Altkarte als Quelle für den Historiker. *Die Geschichte der Kartographie als Historische Hilfswissenschaft. Archiv für Diplomatik*, 54, 2008, 309-377.
- T. Horst, *Die älteren Manuskriptkarten Altbayerns. Eine kartographiehistorische Studie zum Augenscheinplan unter besonderer Berücksichtigung der Kultur- und Klimageschichte* (München 2009).
- U. U. Jäschke/M. Müller, Zur Problematik der Anpassung von historischen Karten an moderne Koordinatensysteme. In: D. Ebeling (Hrsg.), *Historisch-thematische Kartographie. Konzepte - Methoden - Anwendungen* (Bielefeld 1999) 150-166.
- B. Jenny/H. Jenny/L. Hurni, Alte Karten als historische Quelle - Wie lässt sich die geometrische Genauigkeit des Karteninhalts abschätzen? In: C. Koller/P. Jucker-Kupper (Hrsg.), *Karten, Kartographie und Geschichte. Von der Visualisierung der Macht zur Macht der Visualisierung. Geschichte und Informatik* 16 (Zürich 2009) 127-144.
- A. Krenzlin, Die Aussage der Flurkarten zu den Flurformen des Mittelalters. In: H. Beck/D. Dencke/H. Jankuhn (Hrsg.), *Untersuchungen zur eisenzeitlichen und frühmittelalterlichen Flur in Mitteleuropa und ihrer Nutzung. Teil I* (Göttingen 1979) 376-409.

- I. Kretschmer/J. Dörflinger/F. Wawrik, Lexikon zur Geschichte der Kartographie. Von den Anfängen bis zum Ersten Weltkrieg. Die Kartographie und ihre Randgebiete C,1-2 (Wien 1986).
- I. Kupcik, Alte Landkarten. Von der Antike bis zum Ende des 19. Jahrhunderts: ein Handbuch zur Geschichte der Kartographie. Geschichte (Stuttgart 2011).
- A. Matschenz, Karten und Pläne. In: F. Beck/E. Henning (Hrsg.), Die archivalischen Quellen. Mit einer Einführung in die Historischen Hilfswissenschaften. UTB Geschichte 8273 (Köln⁵ 2012) 145-156.
- T. Michalsky/F. Schmieder/G. Engel (Hrsg.), Aufsicht - Ansicht - Einsicht. Neue Perspektiven auf die Kartographie an der Schwelle zur Frühen Neuzeit. Frankfurter kulturwissenschaftliche Beiträge 3 (Berlin 2009).
- R. Oehme, Die Geschichte der Kartographie des deutschen Südwestens. Arbeiten zum historischen Atlas von Südwestdeutschland 3 (Konstanz 1961).
- B. Pröschel/F. Lehmkuhl/U. Grimm/J. Schmidt/L. Werther, Methoden der Geoinformatik in der Geoarchäologie. In: C. Stolz/C.E. Miller (eds.), Geoarchäologie (Berlin 2022) 363-378.
- V. Rödel (Hrsg.), Zwischen den Welten. Kriegsschauplätze des Donaauraums im 17. Jahrhundert auf Karten und Plänen (Karlsruhe 2010).
- E. Savage-Smith, Cartography. In: P. Horden/S. Kinoshita (Hrsg.), A companion to Mediterranean history. Wiley Blackwell companions to world history (Chichester 2014) 184-199.
- A. Schäfer/H. Weber, Inventar der handgezeichneten Karten und Pläne zur europäischen Kriegsgeschichte des 16.-19. Jahrhunderts im Generallandesarchiv Karlsruhe. Veröffentlichungen der Staatlichen Archivverwaltung Baden-Württemberg 25 (Stuttgart 1971).
- W. Schenk, Historische Geographie. Geowissen Kompakt (Darmstadt 2012).
- U. Schneider, Die Macht der Karten. Eine Geschichte der Kartographie vom Mittelalter bis heute (Darmstadt⁴2018).
- C. J. Schuppert, GIS-gestützte historisch-geographische Untersuchungen im Umfeld ausgewählter frühkeltischer Fürstensitze in Südwestdeutschland. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 126 (Darmstadt 2013).
- M. Seeberger, Wie Bayern vermessen wurde. Hefte zur bayerischen Geschichte und Kultur 26 (Augsburg 2001).
- C. Singer/D. J. Price/E.G.R. Taylor, Cartography, Survey and Navigation to 1400. In: C. Singer/E. J. Holmyard/A. R. Hall et. al. (Hrsg.), A History of technology 3. From the Renaissance to the Industrial Revolution, c.1500-1750 (Oxford 1957) 501-529.
- S. Stäubli/S. Martin/E. Reynard, Historical Mapping for Landscape Reconstruction. Examples from the Canton of Valais (Switzerland). In: Mountain Mapping and Visualisation: 6th ICA Mountain Cartography Workshop, 11-15 feb. 2008, Lenk, Switzerland (Lenk 2008) 211-217.
- J. Trachet/W. Leloup/K. Dombrecht et. al., Modelling Monnikerede. The Topographical Reconstruction of a Deserted Medieval Outport near Bruges. The Medieval Low Countries, 4, 2017, 91-130.
- M. Uhrmacher, Die Darstellung von Wäldern im Rhein-Maas-Moselraum auf historischen Karten des späten 15. und des 16. Jahrhunderts. In: M. Pauly/H. Pettiau (Hrsg.), La forêt en Lotharingie médiévale. Der Wald im mittelalterlichen Lotharingien. Actes des 18es Journées lotharingiennes. Publications du CLUDEM 43 (Luxembourg 2016) 21-50.
- L. Werther, Altkarten als geoarchäologische Quellen. In: C. Stolz/ C.E. Miller (Hrsg.), Geoarchäologie (Berlin 2022) 365-366.
- L. Werther, N. Mehler, G.J. Schenk, C. Zielhofer. On the Way to the Fluvial Anthroposphere—Current Limitations and Perspectives of Multidisciplinary Research. Water 13(16), (2021), 2188.
- V. Winiwarter, Schrift- und Bildquellen in der Umweltarchäologie. In: H.-R. Bork/H. Meller/R. Gerlach (Hrsg.), Umweltarchäologie - Naturkatastrophen und Umweltwandel im

archäologischen Befund. 3. Mitteldeutscher Archäologentag vom 07. bis 09. Oktober 2010. Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte (Halle) 6 (Halle (Saale) 2011) 21-26.

J. Wolf/W. Zimmermann (Hrsg.), Fließende Räume. Karten des Donauraums, 1650-1800. Katalog zur internationalen Wanderausstellung des Instituts für Donauschwäbische Geschichte und Landeskunde, Tübingen, und des Landesarchivs Baden-Württemberg (Regensburg 2017).

F. Wolff, Karten im Archiv. Veröffentlichungen der Archivschule Marburg, Institut für Archivwissenschaft 13 (Marburg 1987).

L. Zögner/E. Klemp (Hrsg.), Verzeichnis der Kartensammlungen in Deutschland (Wiesbaden 1998).

C. Zielhofer/ J. Schmidt/ N. Reiche et. al., The Lower Havel River Region (Brandenburg, Germany): A 230-Year-Long Historical Map Record Indicates a Decrease in Surface Water Areas and Groundwater Levels. *Water* 14(3), 480.

8.2 Auswahl hilfreicher URLs

Aerial Archaeology Research Group: <https://a-a-r-g.eu/> [19.02.2024].

Altkarten und Luftbilder auf Leo-BW: <https://www.leo-bw.de/themenmodul/sudwestdeutsche-archivalienkunde/archivaliengattungen/raumbezogene-abbildungen> [19.02.2024].

Badische Landesbibliothek, Historische Karten: <https://www.blb-karlsruhe.de/sammlungen/historische-karten/> [19.02.2024].

Geoportail.gouv.fr: <https://www.geoportail.gouv.fr/> [19.02.2024].

HGIS-Club: <http://hgis.club/category/histkart/suedwest> [19.02.2024].

Historische Flurkarten auf Leo-BW: <https://www.leo-bw.de/themen/historische-flurkarten> [19.02.2024].

IKAR Historische Landkartendrucke vor 1850: <https://kxp.k10plus.de/> [19.02.2024].

Imago Mundi Maps on the Web: <https://www.maphistory.info/webimages.html> [19.02.2024].

INSPIRE Themes: <https://www.eionet.europa.eu/gemet/en/inspire-themes/> [19.02.2024].

Kartenforum der Deutschen Fotothek: <https://www.deutschefotothek.de/cms/kartenforum.xml> [19.02.2024].

Karten- und Graphiksammlung der ULB Darmstadt: https://tudigit.ulb.tu-darmstadt.de/trefferliste?tx_dlf_listview%5Baction%5D=main&tx_dlf_listview%5Bcontroller%5D=ListView&tx_dlf_listview%5BsearchParameter%5D%5Bcollection%5D=529&tx_dlf_listview%5BwidgetPage%5D%5BcurrentPage%5D=1&hash=5401cfabd3f80bd1f727580c9c1d1cf8 [19.02.2024].

Kartensammlung Landesarchiv Berlin: <https://landesarchiv-berlin.de/kartenabteilung> [19.02.2024].

Landesarchiv Baden-Württemberg, Mitmachprojekt zur Verortung historischer Karten und Luftbilder: <https://www.landesarchiv-bw.de/de/landesarchiv/projekte/mitmach-projekt-zur-verortung-historischer-karten---luftbilder/63162> [19.02.2024].

Landesarchiv BaWü: <https://www.landesarchiv-bw.de/> [19.02.2024].

E. Merk, Handgezeichnete Karten. <https://www.leo-bw.de/themenmodul/sudwestdeutsche-archivalienkunde/archivaliengattungen/raumbezogene-abbildungen/handgezeichnete-karten> [19.02.2024].

E. Merk, Gedruckte Karten. <https://www.leo-bw.de/themenmodul/sudwestdeutsche-archivalienkunde/archivaliengattungen/raumbezogene-abbildungen/gedruckte-karten> [19.02.2024].

Old Maps Online: <http://www.oldmapsonline.org/> [19.02.2024].

Überblicke zu den Transformationstypen beim Georeferenzieren: <https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/help/data/imagery/overview-of-georeferencing.htm> [19.02.2024].

https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user_manual/working_with_raster/georeferencer.html#available-transformation-algorithms [19.02.2024].

Städtegeschichte – Historische Karten: <https://www.uni-muenster.de/Staedtegeschichte/portal/einfuehrung/karten/historischekarten.html> [19.02.2024].

Wikiversity Kartensammlungen und Online-Portale: <https://de.wikiversity.org/wiki/Wikiversity:Kartensammlung> [19.02.2024].

F. Wolff, Auswahlbibliographie Karten in Archiven. <https://www.archivschule.de/DE/service/bibliographien/auswahlbibliographie-karten-in-archiven.html> [09.11.2020].

Württembergische Landesbibliothek, Historische Karten: <https://www.wlb-stuttgart.de/sammlungen/karten-und-graphik/links/historische-karten/> [19.02.2024].

Stadtgeschichtliches Museum Leipzig: <https://www.stadtmuseum.leipzig.de/> [19.02.2024].