

3. GEOGRAPHISCHE INFORMATIONSSYSTEME IN DIGITAL HUMANITIES UND CULTURAL HERITAGE

3.1. EINFÜHRUNG

Der Spatial Turn ist in einzelnen geistes- und kulturwissenschaftlichen Disziplinen recht unterschiedlich ausgeprägt und wird teils unter dem Begriff der Spatial Humanities subsumiert. Gemeinsam haben all diese Aktivitäten, dass Methoden aus der Geographie, wie der systematische Gebrauch von Geographischen Informationssystemen (GIS), adaptiert werden, um zu neuen Erkenntnissen im Zuge von Forschungen mit Raum- und Zeitbezug zu gelangen.⁷⁸

Ein GIS ist ein Informationssystem, das neben raumbezogenen Daten auch weitere kontextuelle Angaben bspw. aus Texten visualisieren, analysieren und archivieren kann. Rückgrat des GIS ist ein Datenbanksystem, in dem die Daten im Kontext zueinander erfasst, verwaltet, angereichert und ausgewertet werden. Im GIS können z.B. historische und topographische Karten mit ergänzenden Informationen aus schriftlichen Quellen und bildlichen Darstellungen wie z.B. Landschaftsfotografien oder Gebäudeaufnahmen in einem System umfassend kontextualisiert und bearbeitet werden.⁷⁹

3.2. GIS DATENMODELLE

Datenbanken sind die konzeptionelle Grundlage eines jeden GIS, wobei die Daten in unterschiedlichen Modellen miteinander verknüpft werden können. Um möglichst komfortabel mit den Datenbanken arbeiten zu können, benötigt der Anwender einen schnellen Datenzugriff, sodass hohe Anforderungen an das Datenmodell in einem GIS gestellt werden. Im GIS wird dies durch logische Datenmodelle erreicht, die die Zusammenhänge zwischen den Objektmengen in den Datensätzen der Datenbank berücksichtigen. Diese können hierarchisch, netzwerkartig, relational, objektrational oder objektorientiert in sehr unterschiedlichen Modellierungs-Paradigmen umgesetzt werden, die grundlegend die kartierbare und auswertbare Basis eines GIS darstellen.⁸⁰ In der Praxis haben sich jedoch seit längerem relationale Datenbanksysteme bewährt und im funktionalen Umfang durchgesetzt, da es in einem relationalen Datenbanksystem zu einer strikten Trennung von physikalischer Speicherung und logischer Datenmodellierung durch die Entkopplung der Datenbereitstellung und -anwendung kommt. In der fundamentalen Tabellenstruktur der relationalen Datenbanken werden Objekten und Beziehungen Attribute zugeordnet. Besonders von Vorteil ist die Eigenschaft der relationalen Datenmodelle, dass Beziehungen zwischen den Objekten als Werte in Tabellen, wie Objekte selbst, verwaltet werden, sodass Entitäten und auch Relationen einheitlich repräsentiert sind. Darüber hinaus ist die Tabellenform gut überschaubar, um die Daten einzusehen, zu überprüfen und zu bearbeiten. Relationale Datenbankmodelle erlauben die qualitativ und quantitativ vollständige Abbildung

⁷⁸ Vgl. Kap. 1.5. zum Spatial Turn und den Spatial Humanities.

⁷⁹ Vgl. erste Abb. im Kap. 4. zum Konzept des Archäologischen Informationssystem (AIS).

⁸⁰ Bill 2010, 397.

von Geoobjekten durch ihre Nutzbarkeit mit in das GIS eingebundenen relationalen Datenbankmanagementsystemen (RDBMS) bzw. allgemeinen Datenbankmanagementsystemen (DBMS).⁸¹ DBMS ermöglichen den indirekten Datenzugriff und die -abfrage der Geometrieobjekte und ihre Sach- sowie Metainformationen über die SQL- (Structured-Query-Language-)Schnittstelle der Datenbank. Und sie erlauben dadurch eine Konsistenzerhaltung zwischen Geometrie-, Sach- und Metadaten im GIS, wobei die Daten mittelbar miteinander verknüpft sind, d.h. z.B. die Koordinatenwerte eines Kartenpunktes mit ergänzenden und beschreibenden Informationen liegen in der Datenbank in jeweils separaten Tabellen vor. Die Auszeichnung der Daten in den Tabellen der Datenbank erfolgt im interoperablen Standard des GML (Geography Markup Language), das eine spezifische Adaption von XML darstellt.⁸²

Die verschiedenen Datentypen der Geometrie- und Sachdaten können im einfachsten Fall aber auch in den Spalten nur einer Tabelle vorliegen, auf die im GIS unmittelbar zugegriffen wird. D.h. in diesem Fall: Die Koordinatenwerte X und Y eines Kartenpunktes im GIS befinden sich in zwei Spalten und die ergänzenden und beschreibenden Informationen in den weiteren Spalten ein und derselben Tabelle. Dies kann bei weniger komplexen Datensätzen bezüglich der Einfachheit und Übersichtlichkeit durchaus von Vorteil sein. Die Abfragemöglichkeiten sowie die Performanz wird aber bei großen Tabellen deutlich eingeschränkt, sodass nur im Ausnahmefall oder bei sehr wenig strukturierten Daten eine einzige Tabelle die Kartierungsgrundlage des GIS darstellen soll. Darüber hinaus sind die Abfragemöglichkeiten der Informationen aus einer einzelnen Tabelle gegenüber einer strukturierten Datenbank sehr eingeschränkt, was sich wiederum negativ auf die Analysefunktionen im GIS und die Interoperabilität mit anderen in GML ausgezeichneten Datensätzen aus bestehenden Repositorien, die mit dem GIS verknüpft werden können, auswirkt.⁸³

3.3. DATENTYPEN UND -FORMATE IM GIS

Geodaten können in sehr unterschiedlichen Formaten verschiedener Standards vorliegen. Gemeinsam haben sie alle, dass sie einen eindeutigen Raumbezug in Form von Koordinaten aufweisen.⁸⁴ Primär erhobene Geodaten sind bspw. GPS (Global Positioning System) oder Laserscandaten (LiDAR – Light Detection and Ranging), die bereits bei ihrer Entstehung mit Koordinatenpaaren ausgezeichnet werden. Grundlegend muss ein geometrisches Kartenobjekt (z.B. ein Ort), das in einem GIS kartiert werden soll, neben den X- und Y-Koordinaten mindestens noch eine unverwechselbare Identifikationsnummer (ID) aufweisen, die meist aus einem in der Datentabelle fortlaufenden Zahlenwert besteht. Zusätzlich verfügen primär erhobene Geodaten über gemessene und mit den X- und Y-Koordinaten verbundenen Höhenwerte (Z-Werte), sodass sie als echte 3-D Geländemodelle in unterschiedlichen Verfahren im GIS Verfahren interpolierbar sind. Aus nachträglich mit Höhenwerten angereicherten Geodaten können dahingegen nur sogenannte 2,5-D Modelle berechnet werden, die nicht alle räumlichen Lagen aufgrund von senkrechten Z-Überschneidungen darstellen können.

Geographische Angaben bzw. Lokalitätsangaben aus einem literarischen Werk wie z.B. aus Reiseberichten sind noch keine Geodaten, da ihr eindeutiger Raumbezug nicht gegeben ist.⁸⁵ Erst durch Ergänzung der bspw. in einem mittelalterlichen Manuskript erwähnten Ortschaften in eine mit Geo- und Sachdaten strukturierte

⁸¹ De Lange 2013, 308.

⁸² Kappas 2012, 164–168.

⁸³ Vgl. Kap. 3.9. zu Kartenrepositorien via Web WMS.

⁸⁴ Bill 2010, 263–295.

⁸⁵ Piatti/Hurni 2011.

Ortsnamendatenbank mit den Orten entsprechenden, angereicherten X- und Y-Koordinaten (Latitude und Longitude) entstehen Geodaten und zwar in sekundärer Form.⁸⁶ Auch Metadaten in den Archiven und Bibliotheken, die die Daten der Bücher oder deren Digitalisate beschreiben, enthalten teilweise Geodaten in den Datensätzen der Integrated Authority File (Gemeinsame Normdatei – GND). Diese Metadaten werden von den Bibliotheken kooperativ nach international genormten Standards aufgenommen und dienen primär der Literatur- und Autorenrecherche. Sie beinhalten Angaben u.a. zur Lebenszeit, zum Namen mit Alias, thematischen Sachgebieten des Autors, Erscheinungsjahr, Koauthorschaften und Erscheinungsort (teils sogar mit internationalen Koordinaten versehen). Die GND ist somit eine interessante Quelle mit raumbezogenen Daten und in einem GIS prinzipiell auswertbar.

Im GIS werden die Geodaten synonym auch als Raumdaten bezeichnet, die minimal aus ID und Koordinatenpaaren bestehen und im einfachsten Fall einen Punkt als Geometrie (geometrisches Objekt) darstellen. Sie können aber auch etwas komplexer in Form von Linien und Flächen (Kreisen bzw. Polygonen etc.) vorliegen, wobei die bei einem Punkt einfachen Koordinaten eines Koordinatenpaars mit Koordinatenpaaren von/bis (für eine Linie oder ein Rechteck) oder mit entsprechenden Zwischenvektoren (für ein Polygon) versehen sein müssen.⁸⁷ Geodaten können bspw. als georeferenzierte Rasterkarten, Vektorkarten oder aus verknüpften Datenbanken vorliegen.⁸⁸ Sie sind als einzelne Layer in das GIS zu laden, was in Form eines Shapefile-Dateienbündels lokal oder von externen Laufwerken via World-Map-Server (WMS) geschehen kann.

Grundlegend werden im GIS dreierlei Datentypen unterschieden: Raumdaten (Geodaten), Sachdaten und Metadaten, wobei die Raumdaten als minimale Anforderung an die Kartierbarkeit die basalen georeferenzierten Objektinformationen mit den Koordinatenwerten enthalten.⁸⁹ Sachdaten stellen eine Erweiterung zu den zugehörigen Raumdaten dar und sind somit ergänzende Informationen in den dem GIS zugrundeliegenden Datentabellen (z.B. Kreis, Ort, Straßenname, Fundart etc.). Metadaten beschreiben die Daten (z.B. Datum, Bearbeiter, Koordinatensystem, Erhebungsgrund, Copyright etc.) der zuvor genannten Datentypen.⁹⁰

In einem GIS werden all diese Informationen in zusammenhängenden „Dateienbündeln“ gespeichert, die in ihrer Gesamtheit jeweils einen Layer bilden. Die unterschiedlichen Datentypen wie Raum- und Sachdaten werden dabei in mindestens drei zugehörigen Dateiformaten des Dateienbündels im PC gespeichert, die nur im Zusammenspiel die koordinatengenaue Projektion im GIS ermöglichen. Die Dateienbündel dienen des Weiteren dem Datenaustausch von einem PC zu einem anderen via Datenträger oder USB-Stick etc., aber nur, wenn das Datenbündel mit allen drei Teildateien zusammenhängend (in einem Ordner) transferiert wird.

Die Hauptdatei eines Layer-Dateienbündels ist die mit verschiedenen GIS-Softwareanwendungen interoperable Shapefile (shp), die zur Speicherung der Geometriedaten (Raumdaten der Objekte) dient. In der Shapefile wird immer nur ein definierter Typ von Geometriedaten (Punkte, Linien, Flächen oder Polygone) mit der Anzahl seiner Elemente abgelegt, was beim Kartieren zuvor bedacht werden muss, da Durchmischungen der Geometrien in einem Layer unterbleiben müssen. Eine zweite, dem Dateienbündel zugehörige Datei im dBASE-Format speichert die Sachdaten im zu fast allen relationalen SQL-Datenbanken kompatiblen dbf-Format. Die dritte Datei des Dateienbündels wird im shx-Format gespeichert, das als Index der Geometrie der Verknüpfung zu den Sachdaten (auch teils Attributdaten genannt) dient. Automatisiert wird von manchen GIS das verwendete Koordinatensystem in einer zusätzlichen Datei (im prj-Format) gespeichert. Optional können die zugehörigen Metadaten im GIS im shp.xml-Format gespeichert werden, das prinzipiell

⁸⁶ Vgl. im folgenden Kap. 3.5. zu Unsicherheiten von Raum- und Zeitangaben in historischen Quellen; Dross 2006 zum Einsatz von Geoinformationssystemen in Geschichte und Archäologie.

⁸⁷ Bill 2010, 28.

⁸⁸ Vgl. folgendes Kap. 3.5. zu Unsicherheiten von Raum- und Zeitangaben in historischen Quellen.

⁸⁹ Kappas 2012, 49–52.

⁹⁰ Vgl. De Lange 2013, 256–258.

eine erweiterte Textdatei für den Datenaustausch darstellt. In allen GIS müssen die einzeln bearbeitbaren Layer bei Veränderungen jeweils separat gespeichert werden. Darüber hinaus kann die Lage der Layer zueinander, wie sie im Kartenfenster gezeigt wird, und die Verknüpfungspfade der einzelnen Layer auf internen Laufwerken oder externen Servern gespeichert werden, indem diese Informationen zum aktuellen Projekt-Arbeitsstand im je nach verwendeter GIS-Software spezifischen Format abgelegt werden. Dies ermöglicht das Wiederherstellen der letzten Arbeitssitzung am PC, ohne dass alle zuvor gemachten Projekteinstellungen in der Layerordnung etc. wieder neu eingestellt werden müssten.

3.4. RAUMPROJEKTIONEN IN GÄNGIGEN KOORDINATENSYSTEMEN IM VERGLEICH

Koordinatensysteme dienen als modellhafte Abbildungen der Realität der eindeutigen Georeferenzierung, d.h. der Verortung von Objekten im geometrischen Raum. Dabei bilden Breiten- und Längengrade ein geographisches, zweidimensionales Koordinatensystem der Erde, das in X- und Y-Koordinatenwerte (Latitude und Longitude, bzw. Hoch- und Rechtswert) unterteilt ist.⁹¹ Die Breiten- und Längengrade sind Winkelmaße, die die Lage eines Objektes durch den Schnittpunkt des Abstands vom Äquator (geographische Breite) und des Abstands vom Nullmeridian (geographische Länge) eindeutig definieren.⁹² Der Nullmeridian ist eine willkürlich festgelegte Linie vom Nord- zum Südpol, die Ende des 19. Jhs. ausgehend vom Observatorium Greenwich in London definiert wurde. Alternativ dazu kann der Nullmeridian auch in der geographischen Länge von Paris, Potsdam oder Moskau mit dem Ausgangswert 0 festgelegt sein.

Die Erde entspricht jedoch nicht einem geometrischen Kugelkörper, sondern eher einem Ellipsoid oder genauer einem asymmetrischen Geoid mit zahlreichen regionalen gravitationsbedingten Überhöhungen und Senken.⁹³ Um diesen regionalspezifischen Eigenheiten des Erd-Geoids (bzw. des sogenannten Bessel-Ellipsoids, einem Referenzellipsoid für Europa; Bessel 1842) möglichst nahe zu kommen, was mit einer möglichst hohen Lagegenauigkeit der mit Koordinatenwerten beschriebenen Objekte einhergeht, sind weltweit viele Hundert verschiedene Koordinatensysteme mit Subsystemen in Gebrauch.⁹⁴ Grundsätzlich kann die Position eines Punktes oder Objektes im Raum in verschiedenen Koordinatensystemen dargestellt werden, jedoch weisen die verwendeten Koordinatensysteme in unterschiedlichen Regionen der Erde verschieden hohe Genauigkeiten auf. In Deutschland sind in den Institutionen, Archiven, Hochschulen und Behörden der Bundesländer verschiedene Koordinatensysteme im Einsatz. Dies hat zur Folge, dass im Rahmen von überregionalen GIS-Projekten (mit einer hohen Anzahl verschiedener Karten aus unterschiedlichen Regionen) heterogene Georeferenzierungen vorliegen, die aufwändig auf ein Bezugssystem transformiert werden müssen, damit sie im GIS projektionskonform miteinander kombinierbar sind. Daher ist es vor Projektbeginn dringend ratsam im Rahmen der Quellenrecherche auch die verwendeten Koordinatensysteme zu prüfen, um in der folgenden Datenzusammenführung möglichst wenige Karten auf ein einheitliches Projekt-Koordinatensystem transformieren zu müssen. Internationaler Standard im Bereich der Spatial Humanities ist das unten beschriebene WGS 84-Koordinatensystem, das aber gleichzeitig relativ ungenau in der Mikroebene im Detail einer Kartierung ist.

⁹¹ Kappas 2012, 22ff.

⁹² Hennermann/Woltering 2012, 80–87.

⁹³ Sansò/Sideris 2013.

⁹⁴ Weiterführend: Bill 2010, 162–173.

Geodaten mit regionalem Bezug (d.h. in diesem Zusammenhang bezogen auf die Fläche eines Bundeslandes) werden traditionell meist im kartesisch orthogonales Gauß-Krüger-Koordinatensystem georeferenziert. Im Gauß-Krüger-Koordinatensystem werden die X- und Y-Koordinaten als Hoch- und Rechtswert bezeichnet. Die meisten topographischen Kartenwerte (wie TK 25 oder TK 50) liegen als in Gauß-Krüger georeferenzierte Kartierungen vor.⁹⁵ Jedoch unterteilt sich das mikroregional sehr genaue Gauß-Krüger-Koordinatensystem in zahlreiche Subsysteme mit regionalen Zonen der Meridianstreifen in der geographischen Länge, die einerseits die hochgenauen Lokalisationen der Objekte sicherstellen, jedoch andererseits zahlreiche Probleme in der Interoperabilität der regionalen Geodaten verursachen.

Im Gegensatz zum Gauß-Krüger-Koordinatensystem wird innerhalb des UTM (Universal-Transverse-Mercator-) Koordinatensystems die geographische Länge bezogen auf den Nullmeridian nicht längentreu abgebildet, sondern es wird mit einem Faktor ein Mittelmeridian für einen Streifen einer Längenzone berechnet. Dies hat den Vorteil, dass so die gesamte Erde einheitlich in gleich große Längenzonen eingeteilt werden kann. Das ursprünglich für das Militär in den 1940er Jahren entwickelte UTM-System ist prinzipiell ebenso genau wie Gauß-Krüger-Systeme. UTM ist ebenfalls ein kartesisches Gitterachsen-Koordinatensystem mit X- und Y-Koordinatenwerten. Die regelmäßigen UTM-Zonen, die die gesamte Erde (ausschließlich der Polkappen) erfassen, basieren auf der transversalen Projektion von Zylinderstreifen der Mittelmeridiane, die eine winkeltreue Abbildung der Erdoberfläche darstellen, aber dadurch in Richtung der Pole zunehmend verzerrt sind.⁹⁶ UTM ist nahezu weltweit verwendbar ohne aufwändige, regionalbedingte Koordinatentransformationen, die zudem durch die Umrechnungen die Lagegenauigkeit stark beeinflussen können. Seit den frühen 1990er Jahren wird UTM auch zunehmend in den einzelnen Bundesländern Deutschlands und in den Staaten der Europäischen Union verwendet, um grenzüberschreitende Kartierungen basierend auf einem Referenzsystem zu ermöglichen.

Das World Geodetic System (WGS 84) ist ein geodätisches Referenzsystem, das als einheitliche Grundlage für koordinatenbedingte Lageangaben für die gesamte Welt 1984 im internationalen Konsens festgelegt wurde. Grundlage bildet ein Referenzellipsoid, das vereinfacht die Erdoberfläche wiedergibt, wobei die Breite den X- und die Länge den Y-Werten entspricht. Das WGS 84-System weist durch seinen kompromisshaften Charakter tendenziell Ungenauigkeiten in der exakten Geolokalisation auf, die sich aber (je nach Region) meist nur im cm-Bereich befinden. Noch heute werden alle von Satelliten erhobenen Messdaten des Global Positioning System (GPS) im WGS 84 georeferenziert, da dieses System auch im erdnahen Weltraum eingesetzt werden kann. Die meisten Geobrowser, z.B. Google Maps oder OpenStreetMap, verwenden WGS 84, jedoch in einer noch einfacheren und damit schneller projizierbaren Adaption des WGS 84/Pseudo-Mercator. Dies geht jedoch mit weiteren Lageungenauigkeiten einher, da das Modell das Referenzellipsoid ignoriert und stattdessen eine minimalisierte, nicht-zonale Mercator-Projektion verwendet. So sind WGS 84 und WGS 84/Pseudo-Mercator zwar prinzipiell lagekonform, d.h. sie können als einzelne thematische Kartierungen in einem GIS jeweils in der Übersicht der Makroebene ausreichend genau und auch miteinander projiziert werden, jedoch weisen die Koordinaten in beiden Systemen für eine identische Lage unterschiedliche Koordinatenwerte auf, was wiederum schnell zu Fehlern in den folgenden GIS-Analysen führen kann, die ein eindeutiges, nicht-verwechselbares Koordinatenreferenzsystem benötigen.

Damit es zu keinen Verwechslungen bei diesen ähnlichen, aber auch bei den unterschiedlichen Koordinatensystemen kommt, die zudem sehr oft in den verschiedenen Geobrowsern und GIS uneinheitlich benannt werden, sind von der European Petroleum Survey Group Geodesy sogenannte ETRS-Codes mit internationaler Gültigkeit festgelegt worden. Diese eindeutigen 4- bis 5-stelligen Schlüsselnummern kodieren alle weltweit gebräuchlichen Koordinatensysteme und können in nahezu allen GIS als Einstellungswerte verwendet

⁹⁵ Hennermann/Woltering 2012, 19f.

⁹⁶ Hennermann/Woltering 2012, 99f.

werden. Bspw. entspricht das in Ostdeutschland (Zone 5) gebräuchliche Gauß-Krüger-System des Deutschen Hauptdreiecksnetzes dem EPSG-Code 31469. Dieses Gebiet liegt hauptsächlich in der UTM-Zone 33N, die wiederum mit dem EPSG-Code 25833 identisch ist und die gleichzeitig im internationalen WGS 84 dem EPSG-Code 4326 entspricht. In WGS 84/Pseudo-Mercator ist die Region einschließlich des weltweiten Umfelds mit EPSG 3857 codiert, um nur die wichtigsten Codes exemplarisch zu nennen.⁹⁷

3.5. UNSICHERHEITEN VON RAUM- UND ZEITANGABEN IN HISTORISCHEN QUELLEN

In den wenigsten Fällen basieren Untersuchungen der Spatial Humanities auf primär erhobenen Geodaten.⁹⁸ Im Umfeld der Digital Humanities werden vielmehr meist Texte als Primärquelle für kartierbare Raum- und Zeitangaben genutzt, woraus einige anspruchsvolle Probleme in der Nichteindeutigkeit solcher Textangaben resultieren können. Raumangaben wie bspw. zu einem Ort sind zum einen im historischen Kontext der sich im zeitlichen Verlauf verändernden Ortsbilder zu sehen. So divergiert die schriftliche Erwähnung eines Ortsnamens in verschiedenen schriftlichen Quellen im Verlauf der Zeit oft stark. Bspw. sind in der Ortsdatenbank *Orbus Latinus* für Ladenburg am Neckar 31 verschiedene Namen aus der Zeit vom 1. bis 19. Jh. recherchierbar.⁹⁹ Die oft in Latein verfassten Ortsnamenbezeichnungen sind meist nicht identisch mit den heutigen Ortsnamen, sodass zu prüfen ist, ob sich diese historischen Bezeichnungen tatsächlich auf einen bestimmten heutigen Ort beziehen und ob dieser Ort eine Lagekonstanz aufweist oder möglicherweise verlegt wurde. Diese beiden historisch bedingten Aspekte werden in verfügbaren Repositorien heutiger Ortsnamen¹⁰⁰ nicht berücksichtigt und sind daher für jede fundierte Kartierung zu prüfen. Jedoch können aus solchen Ortsnamen-Repositorien die Koordinatenwerte der heutigen Ortschaften gewonnen werden, die einen ersten Anhaltspunkt für weitere individuelle Überarbeitungen und Analysen der Kartierungen bieten.

Zum anderen sind Orts- oder Namensangaben in schriftlichen Quellen prinzipiell auf den Wahrheitsgehalt der teils stilistisch bedingten Angaben mit fiktionalem Charakter eines spezifischen literarischen Werks zu prüfen.¹⁰¹ Darüber hinaus können in schriftlichen Quellen auch bewusste Fälschungen, sowohl zur Lokalisation als auch zur zeitlichen Kontextualisierung, vorliegen, wie es z.B. in mittelalterlichen Urkunden zu Besitzverhältnissen und Erwähnungen schon vielfach belegt werden konnte. Dies verdeutlicht der Fall der bekannten „Konstantinischen Schenkung“, wobei es sich in Wirklichkeit um eine in Rom gefälschte Urkunde aus der Mitte des 8. bis 9. Jhs. in der Amtszeit des Papsts Silvester I. handelt, die nicht im Jahr 315/317 von Konstantin dem Großen in Konstantinopel erstellt wurde.¹⁰² Somit ist eine intensive Quellenkritik, die sich mit den verwendeten Texten auseinandersetzt, eine äußerst wichtige Grundvoraussetzung zur Identifizierung der zutreffenden Interpretation literarischer Raum- und Zeitangaben. Bei den Zeitangaben ist konzeptionell auch zu bedenken, welche Zeitebene man in seinen Kartierungen zeigen möchte. Hierbei gibt es verschiedene Ansätze: Einerseits kann versucht werden, eine möglichst kleine Zeiteinheit wie ein Jahr oder ein Jahrzehnt in der Karte darzustellen. Andererseits kann aber auch bezogen auf ein Artefakt oder auch auf einen Autor oder eine Autorin eine größere Zeitspanne kartiert werden. Im ersten Fall ist es notwendig, für alle Kartierungsobjekte eine gesicherte Gleichzeitigkeit nachzuweisen, wobei es sich um eine Zeitkartierung handelt, die temporäre Fragestellungen fokussiert. Im zweiten Fall steht das Kartenobjekt (Artefakt, Autor etc.) im

⁹⁷ <http://www.epsg.org/>

⁹⁸ Vgl. Kap. 3.1. oben.

⁹⁹ <http://hgis.club/orbis-latinus-online>

¹⁰⁰ Wie z.B. <http://www.geonames.org/data-sources.html>

¹⁰¹ Piatti et al. 2012 und Haug 2003.

¹⁰² Zeillinger 1988, 509ff.

Interessenfokus, und als Objektkartierung ist dabei die zeitliche Einheit weniger relevant als vielmehr die Vergleichbarkeit der kartierten Objekte. Erschwerend kommt bei beiden Kartierungsansätzen hinzu, dass Raum- und Zeitangaben oft nicht in vergleichbaren Einheiten im Text vorliegen. So müssen in den dem GIS zugrundeliegenden Datentabellen, die im Zuge der Informationsextraktion die relevanten Angaben aus dem Text aufnehmen, recht aufwändige Datenmodellierungen vorgenommen werden, die die räumliche und zeitliche Unschärfe der Textangaben adäquat wiedergeben. Um bei dem Beispiel der mittelalterlichen Urkunden zu bleiben, verdeutlicht sich dies bei den Datierungen und Lokalisationen der Angaben im Dokument, wobei manche Quellen auf ein Jahr genau datiert werden können und andere bestenfalls nur auf einige Jahrzehnte oder gar ein Jahrhundert. Ebenso ist dies der Fall bei Lokalisationen, die im Idealfall auf ein noch heute bestehendes Objekt, wie z.B. eine Kirche oder Brücke, bezogen werden können. Oft kann bei einer Ortsnennung aber nur allgemein die Mitte des alten Ortskerns kartiert werden, was im Mikrobereich der Kartierung unweigerlich zu Ungenauigkeiten führt. Zudem waren frühmittelalterliche ländliche Siedlungen bis in das 10. Jh. hinein nicht immer standorttreu, wie heutige Dörfer, sondern die Lehm-Holzbauten wurden bei Abnutzung dem Verfall preisgegeben und die neuen Häuser in einiger Entfernung dazu wiedererrichtet, was zu sogenannten „wandernden Siedlungen“ führte, die vielfach in archäologischen Befunden belegt werden konnten.¹⁰³

Diese Unsicherheitsfaktoren sollten möglichst genau im relationalen Datenbankmodell des GIS durch Klassenbildungen berücksichtigt werden, die Subklassen beinhalten, sodass z.B. bei jahrgenauen Zeitangaben die Klasse (bzw. Einheit – entity) „Mittelalter“ die Subklassen (bzw. Eigenschaften – properties) „Frühmittelalter“, „Jahrhundert“, „Jahrzehnt“ und „Jahr“ enthält, die alle Elemente der Klasse sind und somit bei einer entsprechenden Datenbankabfrage kartiert werden können.¹⁰⁴ Synonym kann dies nicht oder nur bedingt auf unpräzise Lokalitätsangaben übertragen werden, da eine eindeutige hierarchische Ordnung im historischen Kontext mit meist unbekanntem räumlichen Einheiten (Grenzen von Königreichen, Ländern, Herrschaften, *terrae* und Gemarkungen) nicht oder nur teilweise bekannt sind und somit nicht als Klassenbildungen verwendet werden können. Die räumliche Unschärfe wird in der Datenbankmodellierung durch Klassenbildungen in Wertebereichen „von“ und „bis“ mit den entsprechenden Koordinatenwerten erreicht, die nun ebenfalls durch eine SQL-Datenbankabfrage im GIS kartiert werden können. Im GIS können solche räumlichen Unsicherheiten darüber hinaus auch visuell in Form von Buffern markiert werden, die als Pufferflächen das Spektrum des möglichen Lokalisationsbereiches in der Karte wiedergeben.¹⁰⁵ In der Geoinformatik kommen zunehmend auch Methoden der Fuzzylogik zum Einsatz, die mit der Nichteindeutigkeit von Orts- oder Zeitangaben durch statistische Gewichtungen umgehen können und so im GIS kartierbare und auswertbare Wahrscheinlichkeiten wiedergeben.¹⁰⁶ In den Spatial Humanities sind diese komplexen Datenbankmodellierungen und folgenden GIS-Analysen jedoch bisher die Ausnahme.

3.6. DATENINTEGRATION UND KARTENTYPEN

Grundsätzlich können im GIS zwei Typen von Karten verwendet werden: 1. Vektorkarten und 2. Rasterkarten. Gemeinsam haben sie, dass sie sowohl über ein lokales Laufwerk als auch über einen Web-Server in das GIS

¹⁰³ Vgl. Steuer 1988.

¹⁰⁴ Vgl. vorhergehendes Kap. 3.2. zu GIS Datenmodellen.

¹⁰⁵ Burrough et al. 2015, 137–145 und 160–163.

¹⁰⁶ Kainz 2002; vgl. Burrough et al. 2015, 267–286; Baddeley/Rubak/Turner 2016 zu „Spatial point patterns: methodology and applications with R“ (Open Source).

eingebunden werden können. Beide sind im GIS in der Layer-Anordnung miteinander voll kompatibel kartierbar und analysierbar. Jedoch sind beide Kartentypen völlig verschiedenartig aufgebaut, was mit stark unterschiedlichen Analyseverfahren und visuellen Darstellungsmöglichkeiten einhergeht, wie im Folgenden aufgeführt wird.¹⁰⁷

3.6.1. RASTERKARTEN

Bei Rasterkarten handelt es sich oft um Retrodigitalisate, die ursprünglich in Form von gedruckten Karten, bspw. als historische Kartenwerke, vorlagen und durch Scannen digitalisiert und anschließend georeferenziert wurden und somit im GIS koordinatenkonform projizierbar sind.¹⁰⁸ Dabei ist zu beachten, dass diese Retrodigitalisate oft nicht verzerrungsfrei gescannt wurden oder sogar nur abfotografiert worden sind, wobei die perspektivische Verzerrung auch bei einer Senkrechtaufnahme durch die optische Linsenverzerrung der Kamera besonders in den Außenbereichen am Rand der Karte zunimmt. So erfolgt oft in einem zweiten, meist von der grundlegenden Datenerhebung völlig unabhängigen Arbeitsschritt die Georeferenzierung, im Zuge derer die Probleme der optischen Verzerrung möglichst gut durch die entsprechende Auswahl der verschiedenen Interpolationsverfahren im Georeferenzierungs-Algorithmus ausgeglichen werden müssen. Für historische Karten eignet sich oft der Thin Plate Spline-Transformationstyp, der besonders die Aspekte der inneren und äußeren Orientierung der Kartenverzerrung älterer, ursprünglich handgezeichneter Papier- oder Fotoquellen berücksichtigt.¹⁰⁹ Normiert gezeichnete oder gedruckte Kartenwerke, zirka ab der Mitte des 19. Jhs., können dahingegen mit verschiedenen linearen Transformationstypen lagegenau georeferenziert werden. Die Informationsfülle im Detail wird grundlegend durch die Pixeldichte beim Digitalisierungsvorgang bestimmt, der oft einen Kompromiss zwischen Dateigröße (die möglichst klein sein soll) und größtmöglicher Pixeldichte (die ein Zunehmen der Dateigröße verursacht) ist. Gute Ergebnisse werden bei historischen, detailreichen Karten mit 300–600 dpi (dots per inch) erzielt. Die Größe der Rasterkarten in einem GIS ist maßgeblich mitverantwortlich für die Rechengeschwindigkeit im Kartenaufbau, da bei fast jeder Änderung der im Kartenfenster gezeigten Kartierung mit ggf. mehreren Rasterkarten-Layern diese immer wieder aus dem Arbeitsspeicher neu berechnet werden müssen. Die Rasterkarten sollten zudem möglichst farbkalibriert sein, um eine Vergleichbarkeit mit anderen Layern zu gewährleisten. Zwar können in einem GIS (im beschränkten Umfang) auch die Farbeigenschaften eines Rasterlayers in Echtzeitberechnungen verändert werden, jedoch bedingt dies wiederum eine Verzögerung in der Rechengeschwindigkeit beim Kartenaufbau. Neben der recht großen benötigten Rechenleistung bei der Verwendung von Rasterkarten im GIS, haben diese noch einen weiteren entscheidenden Nachteil: Rasterkarten können im Gegensatz zu Vektorkarten nicht unendlich in der Kartendarstellung durch hineinzoomen vergrößert werden, da das Maßstabslimit durch die verfügbare Pixeldichte (mit entsprechenden dpi) begrenzt wird. Im GIS kann mit zwei Formen von Rasterkartentypen in unterschiedlichen Dateiformaten gearbeitet werden: Zum einen können Rasterbilder im Format TIFF, JPG, GIF u.a. mit einer verknüpften Referenzpunkt-Datei zu Rasterkarten georeferenziert werden. Zum anderen können Referenzpunkte auch direkt in der Rasterkarte im Format GeoTIFF bei der Georeferenzierung gespeichert werden, was ein einfacheres Datenmanagement mit sich bringt.

¹⁰⁷ Weiterführend: Bill 2010, 30–32.

¹⁰⁸ Vgl. folgende Abb.

¹⁰⁹ Weiterführendes Tutorial zur Georeferenzierung von handgezeichneten Plänen vgl. Volkmann 2015.

3.6.2. VEKTORKARTEN

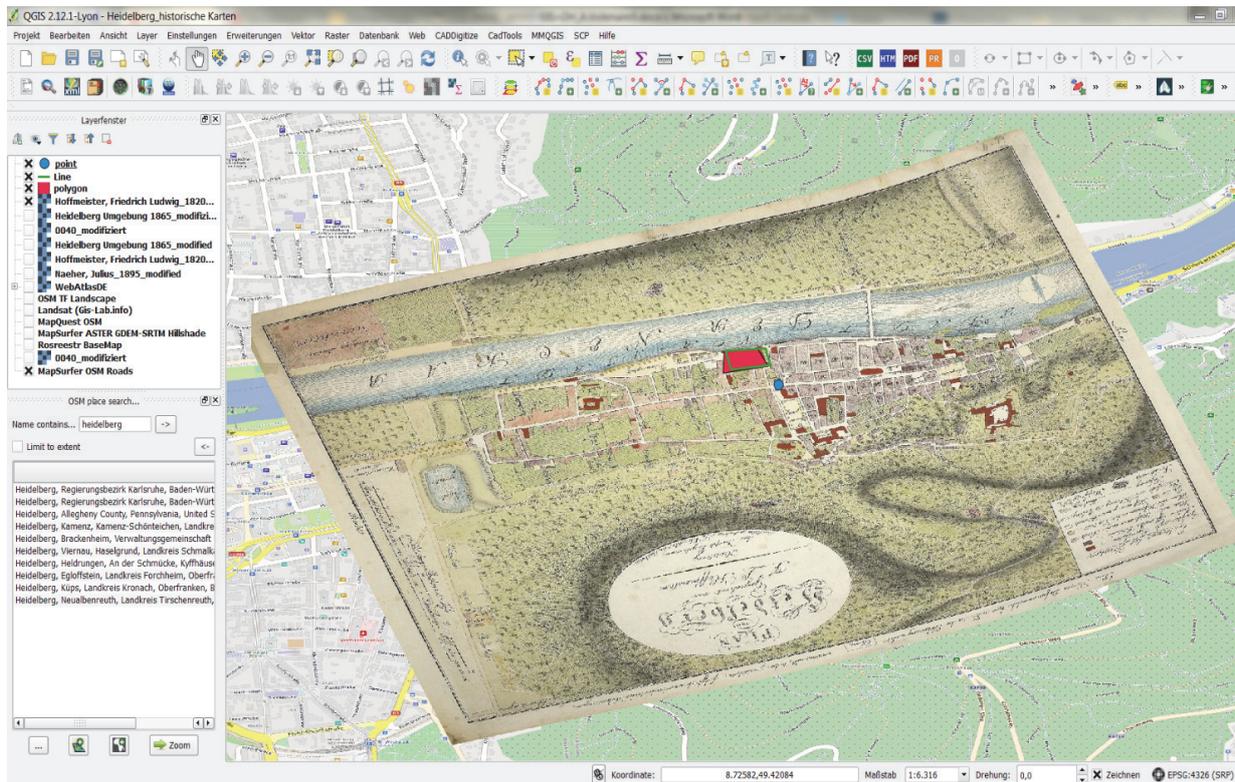


Abbildung 17: Georeferenzierte historische Karte (Rasterkarte) von Heidelberg im Jahr 1829 (aus dem Bestand der Universitätsbibliothek Heidelberg) im GIS. In der Layer-Anordnung (links) sieht man den logischen Layer-Aufbau von über- oder untereinanderliegenden Teilkarten, die im rechten Kartenfenster die Gesamtkarte bilden. Zuunterm ist die OpenStreetMap via WMS-Plugin in das GIS als aktuelle Hintergrundkartierung eingebunden. Aus der georeferenzierten historischen Rasterkarte können durch Umzeichnung (Vektorisierung) in einen neuen (Vektor-)Layer selektive Informationen extrahiert werden: So ist in der zu sehenden Vektor-kartierung das historische Marstall-Gebäude mit einem Polygon in der Abbildungsmitte hervorgehoben und ein Vorgängerbau mit Linien dargestellt sowie die Lage des alten Stadttors, das mit dem Vorgängerbau in Zusammenhang stand, mit einem Punkt markiert. Auf diese Weise kann nun die exakte Lage des historischen Marstalls im zeitlichen Verlauf durch das An- und Ausschalten der ausgewählten Layer auf unterschiedlich alten Kartenwerken verglichen und Veränderungen erfasst werden. Im Fenster links oben werden alle Layer aufgeführt, die auswählbar sind und in ihrer Lage übereinander selektiv sichtbar sind; GIS und Grafik: Verfasser.

Der große Vorteil von Vektorkarten gegenüber Rasterkarten besteht in der theoretisch unendlichen Skalierbarkeit des Betrachtungsmaßstabs sowie in der vergleichsweise sehr geringen Dateigröße des Shapefile-Dateibündels. Darüber hinaus sind Vektorkarten im Dateibündel eines Layers direkt mit einer Datentabelle verbunden, deren Informationen in einem Datenbanksystem oder direkt im GIS auswertbar sind. Auf diese Weise können Sachdaten aus einzelnen Karten der Layer im GIS in strukturierte Datensätze übertragen werden, die wiederum die Grundlage für weitere Auswertungen wie visuelle oder statistische Verfahren bieten. Die Informationsextraktion aus dem GIS ist damit nicht nur auf die visuelle Vektorisierung (Umzeichnung) von besonders interessanten Informationen aus anderen Layern, bspw. Rasterkarten, beschränkt, sondern in der verbundenen Tabelle der Vektorkarte können direkt im GIS besonders interessante Informationen wie z.B. Gebäudestrukturen und Vorgängerbauten, Kartensignaturen zur Geologie, Angaben zum Höhenwert etc. eingetragen werden, ohne auf ein zusätzliches Datenbankmanagementsystem (DBMS) rückgreifen zu müssen, da das GIS bereits ein eigenes DBMS integriert. Durch entsprechende Verknüpfungen können die

im GIS in der Tabelle einer Vektorkartierung eingetragenen Werte darüber hinaus aus dem GIS ohne Zusatzaufwand in ein interoperables Datenbanksystem (meist im Structured Query Language – SQL, aber auch im Extensible Markup Language – XML) eingelesen werden.¹¹⁰

3.7. GIS-AUFBAU UND -KOMPONENTEN

Ein GIS besteht grundlegend aus den vier Komponenten Software, Hardware, Daten und Anwender.¹¹¹ Die Software ist also nur ein Teil des gesamten Geographischen Informationssystems. Das GIS wird auch manchmal allgemeiner als Geoinformationssystem bezeichnet, sodass die Geodaten und nicht deren räumliche Verteilung in diesem Fall namensgebend sind.¹¹² GIS dienen der Erfassung, Bearbeitung, Organisation bzw. Verwaltung, Analyse und nur u.a. der Präsentation räumlicher Daten. Bis vor wenigen Jahren mussten recht kostenintensive GIS-Softwareanwendungen angeschafft werden, wenn man mit vollfunktionalen GIS arbeiten wollte, die oft von kleineren Lehrstühlen oder Forschergruppen kaum dauerhaft im Rahmen der Lizenzvereinbarungen finanziert werden konnten. Erst durch die fortlaufende Weiterentwicklung von stabiler und zudem nutzerfreundlicher Open-Source-GIS-Software sowie einhergehenden interoperablen Austauschformaten wurden raumorientierte Forschungen für einen stark erweiterten Nutzerkreis in den Geisteswissenschaften praktisch realisierbar.¹¹³ Ebenso ermöglichte die Bereitstellung von leistungsstarker Hardware in handelsüblichen PCs grundlegend den Einsatz von GIS. Besonders die Echtzeitberechnung zoombarer Rasterkartierungen aus georeferenzierten Bilddateien (Bitmaps), wie retrodigitalisierten Karten, erfordert sehr viel Rechenleistung und damit große Arbeitsspeicher, die bisher nur schwer verfügbar waren.¹¹⁴ Innerhalb von verschiedenen räumlichen Informationssystemen ist zudem die Verfügbarkeit von Geodaten und deren Anwendbarkeit durch entsprechend implementierte GIS-Werkzeuge in den letzten Jahren deutlich verbessert worden, was wiederum mit steigenden Anzahlen von GIS-Studien einherging. So sind bspw. viele topographische Kartenwerke und auch historische Karten seit einigen wenigen Jahren über webbasierte Repositorien zugänglich, was mit der Umsetzung der sogenannten INSPIRE-Richtlinie der Europäischen Union für den Aufbau von zugänglichen Geodateninfrastrukturen im Zusammenhang steht.¹¹⁵

Alle Softwarekomponenten verschiedener Entwickler eines GIS (u.a. Graphical User Interface GUI, Database Management System DBMS etc.) sind grundlegend recht ähnlich aufgebaut. Auf dem Desktop des Nutzer-PCs ist meist eine Unterteilung in mindestens zwei, manchmal auch drei Arbeitsbereiche angeordnet: Minimal weisen sie ein Kartenfenster und ein Fenster für die Auswahl der einzelnen Teilkarten (bzw. thematischen Layer) auf;¹¹⁶ optional zeigen sie ein zusätzliches Fenster, das die Pfade der Layer oder Datenbanken darstellt. Im Kartenfenster wird die Visualisierung der Gesamtkartierung gezeigt, die aus einzelnen Teilkarten der Layer besteht. Das Grundprinzip ist hierbei, dass alle Layer, die manchmal treffend auch als „Oberflächen“ bezeichnet werden, in exakter räumlicher Lage zueinander als ein übereinanderliegender, „virtueller Stapel“ die Gesamtkartierung darstellen. Jeder einzelne Layer kann in seiner Anordnung zu den anderen Layern, d.h. ob oben- oder untenliegend, verändert werden, was im Fenster der Layer-Auswahl durch Änderung der Layer-Reihenfolge (mit Drag-and-drop) oder das Aus- und Einschalten der Layer

¹¹⁰ Zu logischen Datenmodellen im GIS vgl. Bill 2010, 397–409.

¹¹¹ Siehe das Vier-Komponenten-Modell in De Lange 2013, 338–342.

¹¹² Bill 2010, 8f.

¹¹³ Z.B. Quantum GIS; vgl. Volkmann et al. 2012.

¹¹⁴ Vgl. zur Georeferenzierung von historischen Karten Volkmann 2014.

¹¹⁵ Bill 2010, 236–245; <http://inspire.ec.europa.eu/>

¹¹⁶ Siehe vorletzte Abb. zum GIS-Aufbau am Beispiel von Quantum GIS.

ermöglicht wird. Durch digitale Umzeichnungen können selektive Informationen aus interessant erscheinenden Teilen der Layer in neuen Layern zusammengebracht oder grafisch durch hervorgehobene Signaturen oder Markierungen verstärkt werden, die die neue angereicherte Information visualisieren. Alle einzelnen Layer bestehen aus georeferenzierten Datentabellen, die in verschiedene Datenbanken eingebunden sein können und die im GIS durch Informationsextraktion und -anreicherung vielfältig, bspw. statistisch, ausgewertet werden können.

Virtuelles Kartenforum 2.0 der Sächsischen Landes-, Staats- und Universitätsbibliothek	Historische Karten aus dem Deutschen Reich, teils georeferenziert	http://kartenforum.slu-b-dresden.de/
David Rumsey Map Collection	Historische Karten weltweiter Provenienz, teils georeferenziert	http://www.davidrumsey.com/
Geofabrik	Bestände der OpenStreetMap in einzelnen thematischen Layern für alle Kontinente und Länder, georeferenziert	http://www.geofabrik.de/
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	Topographische Karten von Deutschland und historische Karten, teils georeferenziert	http://www.bkg.bund.de/
Euro Geographics	Topographische Karten, Verwaltungskarten, Übersichtskarten von Europa, georeferenziert	http://www.eurogeographics.org/
Old Maps Online	Suchmaschine für historische Karten, die die größten Kartenarchive einbindet	http://www.oldmapsonline.org/

Abbildung 18: Beispielhafte Auflistung von Repositorien mit Raster- und Vektorkarten, die 2016 den Zugang zu Beständen historischer oder topographischer Karten ermöglichten. Die URLs können sich hierbei durchaus rasch ändern. Und auch die Bestände unterliegen Veränderungen sowie verschiedenen Nutzungsrechten, wobei teils eine Nutzer-Authentifizierung notwendig ist und Nutzergebühren anfallen können.

3.8. GIS-METHODEN

Ein modernes GIS ist schon lange nicht mehr nur eine einfache Ansammlung verschiedener Geo-Werkzeuge, sondern im Sinne einer virtuellen Forschungsumgebung können in einem GIS heterogene Daten hybriden Ursprungs kontextualisiert werden und zwar kollaborativ via webbasierten WMS-Karten- und WFS-Datendiensten.¹¹⁷ Erst durch das Zusammenbringen dieser oft in unterschiedlichen Repositorien weit verstreuten Daten können grundlegend neue Forschungsfragen generiert werden, die gleichzeitig mit der Entwicklung neuer Methoden einhergehen. Typisch für ein GIS ist das Wechselspiel von Werkzeugen und Methoden: Neue Werkzeuge gehen oft mit neuen Methoden einher, und andersherum sind neue Methoden ursächlich verantwortlich für neue Werkzeugprogrammierungen. Viele Theorien und Methoden sind von Geographen bzw. Geoinformatikern primär für ihre Disziplin entwickelt worden. Der Methodentransfer in eine andere Disziplin erfordert jedoch oft spezifische Anpassungen, die teils problematisch sind, wenn bspw. die Datengrundlage nicht auf empirischen Messdaten beruht, sondern auf hermeneutisch/interpretativ erhobenen Daten, die eine spezielle Quellengrundlage mit besonderen Herausforderungen darstellen (siehe unten). Dabei sind die Informationen über die Prozesse des Verstehens und Interpretierens der einzelnen Daten zu prüfen, die als Paradata die Umstände der Datenerhebung beschreiben.¹¹⁸ So können einerseits Methoden

¹¹⁷ Siehe folgendes Kap. 3.9.

¹¹⁸ Vgl. die Londoner Charta für computergestützte Visualisierungen von kulturellem Erbe <http://www.londoncharter.org/>

aus den Geowissenschaften mit speziellen Anpassungen übernommen werden; andererseits müssen jedoch spezifische Methoden erst grundlegend erarbeitet werden, die geistes- und kulturwissenschaftlichen Datensätzen und deren Lückenhaftigkeit bzw. Imperfektion gerecht werden. GIS erweitern die klassischen Forschungsansätze der Geisteswissenschaft dahingehend, dass sie neben der reinen Visualisierung von räumlichen Verteilungen auf Karten darüberhinausgehend eine Analyseplattform der erhobenen Daten darstellen und zusätzlich gleichzeitig dem Nachweis von Thesen in Form eines Kataloges aus den verwendeten Datenbanken dienen können. Grundlage des GIS sind Datentabellen in einem Datenbanksystem, die einen eindeutigen, georeferenzierten Raumbezug aufweisen und auch von anderen Werkzeugen, z.B. der Statistik oder Text- und Bildbearbeitung, innerhalb und außerhalb des GIS genutzt werden können. Ein GIS weist also als Grundlage neben interdisziplinären methodischen Forschungsansätzen zudem interoperable Datensätze auf, die somit die Möglichkeiten des GIS potenzieren.

In den philologisch orientierten Disziplinen sind in einigen neueren Projekten neben der einfachen Kartierung der Befunde auch anspruchsvolle GIS-Analysen angewandt worden, wobei oft GIS-Methoden zu visuellen Befundintensitäten (Dichtegradient), zu Netzwerken (Distanz- und Konnektivitätsberechnungen mit Delaunay-Triangulationen oder Voronoi-Diagrammen) und/oder zur Einflussphärenkalkulationen (Bufferung) eine solide Ausgangsbasis darstellen.¹¹⁹ Exemplarisch sei hier auf die Projekte Mapping the Lakes: A Literary GIS und Ein literarischer Atlas Europas verwiesen.¹²⁰ Für geschichtlich-archäologisch-orientierte Studien sind diese GIS-Methoden ebenso vielversprechende und schon oft angewandte Forschungsansätze, die jedoch durch die meist fokussierte Zeitkomponente mit einhergehenden Spatio-Temporal-Analysen sowie 2,5D („Pseudo-3D“) und 3D-Verfahren wie bspw. Sichtbarkeitsanalysen, Geländemodellierungen mit potenziellen Wegeverbindungen bzw. Cost-Path-Analysen deutlich an Komplexität zunehmen.¹²¹

3.9. KARTENREPOSITORIEN VIA WEB WMS (WORLD MAP SERVICES)

Sowohl Raster- als auch Vektorkarten können über das Internet mit mittlerweile fast jeder GIS-Software als Layer hinzugeladen werden und theoretisch im GIS ebenso wie Layer auf einem lokalen Laufwerk analysiert werden.¹²² Die Auswahl des Layerinhalts sowie die Speichermöglichkeiten unterliegen jedoch oft Nutzungsbeschränkungen, die neben der Visualisation die Analysemöglichkeiten limitieren. Dabei ist wieder in zweierlei Arten der Kartendienste mit Geodaten zu unterscheiden: Es gibt Vektorkartendienste (Web Feature Service) und Rasterdatendienste (Web Coverage Service). Beide werden zusammengefasst allgemein als Web Map Service (WMS) bezeichnet.¹²³ Ein WMS stellt eine Schnittstelle (Interface) zu externen Kartenservern dar, die über eine URL (Uniform Resource Locator) im GIS angesteuert werden können. Durch die Integration von externen Kartendiensten wird das GIS zum webunterstützten GIS, was nun einen möglichst schnellen und stabilen Internetzugang benötigt, um die von externen Servern abgerufenen Karten auch ohne größeren Zeitverzug im GIS darstellen zu können. Ein webunterstütztes GIS ist jedoch nicht mit einem Web-GIS zu verwechseln, das bspw. durch eine Java-Runtime-Environment-Implementation¹²⁴ als virtuelle Maschine betriebssystemunabhängig in einem Webbrowser ohne die Installation von GIS-Software, jedoch nur

¹¹⁹ De Lange 2013, 372–388; weiterführend zu den einzelnen GIS-Methoden Burrough et al. 2015, 137–145 und 160–163.

¹²⁰ <http://www.lancaster.ac.uk/mappingthelakes/>; <http://www.literaturatlas.eu/>

¹²¹ Vgl. folgendes Kap. 3.9.; Conolly/Lake 2008, 90ff., 208ff., 234ff.

¹²² Eine Übersicht zu WMS-kompatibler Open Source gibt Tyler 2008, 250 und 235ff.

¹²³ Kappas 2012, 170–175.

¹²⁴ <https://www.java.com/de/download/faq/techinfo.xml>

in beschränktem Funktionsumfang, nutzbar ist.¹²⁵ Dahingegen spricht man von einem Geobrowser, wenn ein ausgewählter Funktionsumfang spezifischer GIS-Anwendungen wie z.B. die Punktkartierung und Linien-Vektorisierung oder 3D-Visualisierung mit WebGL (Web Graphics Library) browserbasiert realisiert wird. Die Übergänge zwischen Web-GIS und Geobrowser sind jedoch teils fließend und daher manchmal nicht klar zu unterscheiden.

World OSM WMS	Bestände der OpenStreetMap in einem Layer, weltweit	http://wiki.openstreetmap.org/wiki/world_osm_wms
Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern	Topographische Karten, Luftbilder und Verwaltungskarten Bayerns	http://geoportal.bayern.de/
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	Digitales Landschaftsmodell für Deutschland	http://www.bkg.bund.de/
NASA	Satellitenbilder, weltweit	http://neo.sci.gsfc.nasa.gov/about/wms.php
geometa.info	Suchmaschine für WMS	http://geometa.info/

Abbildung 19: Beispielhafte Auflistung von World Map Services 2016, die die direkte Implementierung von digitalen Geländemodellen oder topographischen Karten ermöglichen. Viele Dienste, wie die der deutschen Bundesländer, weisen nur regionale Bestände auf. Auch hier können die URLs durchaus rasch geändert werden, sodass der WMS nicht mehr ansteuerbar ist. Meist ist eine Nutzer-Authentifizierung notwendig, wobei verschiedene Nutzungsrechte vorliegen.

Bei den WMS Kartendiensten sind die oft angebotenen, vergleichsweise großen Rasterkarten erheblich von Nachteil, da das GIS für jede Veränderung im gewählten Kartenausschnitt den Rasterkarten-WMS neu aus dem Web lädt, was das GIS, je nach Internetgeschwindigkeit, recht langsam machen kann. Es wird jedoch immer nur der jeweils gewählte Kartenausschnitt der WMS-Karte vom Kartenserver (und nicht die ganze Karte) abgerufen, um den Prozess des Kartenaufbaus zu beschleunigen. Das Open Geospatial Consortium (OGC)¹²⁶ legte dabei die Spezifikationen beim einhergehenden Abfrageprozess fest, der auf Kommunikation mit dem Hypertext Transfer Protocol (HTTP) basiert und in drei Schritte unterteilt stattfindet:¹²⁷ In einer ersten HTTP-Anfrage (GetCapabilities) an den Kartenserver werden die Metadaten des Dienstes als XML/GML-basiertes Dokument abgefragt.¹²⁸ Dann können im GIS bestimmte Eigenschaften des WMS aus den Metadaten des Dateübertragungsprotokolls ausgewählt werden, wobei im zweiten Schritt (GetMap) nun die selektierte Karte als neuer Layer dem GIS hinzugeladen wird. Optional können in einem dritten Schritt außerdem Angaben thematischer Informationen der zugrundeliegenden Daten bezogen auf den gewählten Kartenausschnitt und Maßstab im XML-Format abgefordert werden, die im GIS zusätzlich darstellbar sind (GetFeatureInfo). WMS ermöglichen also, dass verschiedene GIS mit unterschiedlichen Betriebssystemen und heterogenen Softwareanwendungen oder Geobrowsern an beliebigen Standorten basierend auf den vom OGC definierten Standards miteinander kommunizieren, Karten und Geodaten austauschen können und somit in einer interaktiven, verbundenen Geodateninfrastruktur agieren.¹²⁹

¹²⁵ De Lange 2013, 342–344.

¹²⁶ <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>

¹²⁷ Kappas 2012, 155–163.

¹²⁸ De Lange 2013, 237–240, 243–248.

¹²⁹ Weiterführend Steiniger/Hunter zu „Free and Open Source GIS Software for Building a Spatial Data Infrastructure“ in Bocher 2009, 247ff.

3.10. LITERATUR

- Baddeley, A., Rubak, E., Turner, R., Spatial point patterns: methodology and applications with R (Boca Raton/London/New York 2016).
- F. W. Bessel, Ueber einen Fehler in der Berechnung der französischen Gradmessung und seinen Einfluss auf die Bestimmung der Figur der Erde. *Astronomische Nachrichten* Band 19, No.438 (1842) 97–116.
- R. Bill, Grundlagen der Geo-Informationssysteme (2010 Berlin).
- E. Bocher (Hrsg.) Geospatial free and open source software in the 21st century. Proceedings of the First Open Source Geospatial Research Symposium (Nantes 2009).
- D. J. Bodenhamer, Spatial humanities: GIS and the future of humanities scholarship (Indiana 2010).
- P. A. Burrough/R. A. McDonnell/Chr. D. Lloyd, Principles of Geographical Information Systems (Oxford 2015).
- J. Conolly/M. Lake, Geographical Information Systems in Archaeology (Cambridge 2008).
- K. Dross, Zum Einsatz von Geoinformationssystemen in Geschichte und Archäologie. *Historical Social Research* Vol. 31, Nr. 3 (2006), 279–287. <http://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/4999>
- W. Haug, Die Wahrheit der Fiktion: Studien zur weltlichen und geistlichen Literatur des Mittelalters und der frühen Neuzeit (Tübingen 2003).
- K. Hennermann/M. Woltering, Kartographie und GIS: Eine Einführung (Darmstadt 2014).
- W. Kainz, Fuzzy Logic and GIS. Department of Geography and Regional Research (Wien 2002).
- M. Kappas, Geographische Informationssysteme (Braunschweig 2012).
- N. De Lange, Geoinformatik: in Theorie und Praxis (Heidelberg 2013).
- B. Piatti/A.-K. Reuschel/H.-R. Bär/W. Carwright/L. Hurni, Eine Geographie der Fiktion <http://www.literaturatlas.eu/2012/01/20/mapping-literature-towards-a-geography-of-fiction/>
- B. Piatti/L. Hurni, A Literary Atlas of Europe – Analysing the Geography of Fiction with an Interactive Mapping and Visualisation System. In: A. Ruas (Hrsg.), Proceedings of the 25th International Cartographic Conference (Paris 2011). <http://www.literaturatlas.eu/2012/01/01/analysing-the-geography-of-fiction/>
- F. Sansò/M. Sideris (Hrsg.): Geoid Determination: Theory and Methods (Berlin-Heidelberg 2013).
- S. Steiniger/A. J. S. Hunter, Free and Open Source GIS Software for Building a Spatial Data Infrastructure. In: Bocher 2009, 247ff.
- H. Steuer, Standortverschiebungen früher Siedlungen – von der vorrömischen Eisenzeit bis zum frühen Mittelalter. In: Althoff, G. (Hrsg.) Person und Gemeinschaft im Mittelalter: Karl Schmid zum fünfundsechzigsten Geburtstag (Sigmaringen 1988) 25–59.
- M. Tyler, Web-Mapping mit Open Source-GIS-Tools (Beijing-Köln 2008).
- A. Volkmann, Geisteswissenschaft und Geographische Informationssysteme (GIS): Erstellung von Kartierungen mit kommerzieller und Open Source Software im Vergleich. Digital Humanities Uni WÜ (Würzburg 2012). <http://go.uni-wuerzburg.de/gisskriptum>
- A. Volkmann, Tutorial Georeferencing of historical maps with QGIS. Georeferenzierung von historischen Karten mit QGIS – Ein Bilderbuch. Wissenschaftsblog archäologiedigitale Oktober 2014 <http://archdigi.hypotheses.org/420>
- A. Volkmann, Archäologische Fundkartierung und Zeichnungs-Georeferenzierung mit QGIS. HeiDOK Heidelberger Dokumentenserver (Heidelberg 2015) <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/19929>

B. Warf/S. Arias, *The spatial turn: Interdisciplinary perspectives* (New York 2009).

K. Zeillinger, *Otto III. und die Konstantinische Schenkung. Ein Beitrag zur Interpretation des Diploms Kaiser Ottos III. für Papst Silvester II. (DO III. 389)*. In: *Fälschungen im Mittelalter. Internationaler Kongress der Monumenta Germaniae Historica, München, 16.–19. September 1986. Teil 2: Gefälschte Rechtstexte, der bestrafte Fälscher*. *Schriften der Monumenta Germaniae historica* 33, 2 (Hahn-Hannover 1988) 509–536.