

# Zeitschrift für digitale Geisteswissenschaften

---

Artikel aus:

Sonderband 1 der ZfdG: Grenzen und Möglichkeiten der Digital Humanities. Hg. von Constanze Baum und Thomas Stäcker. 2015. DOI: [10.17175/sb01](https://doi.org/10.17175/sb01)

Titel:

Semantisch angereicherte 3D-Messdaten von Kirchenräumen als Quellen für die geschichtswissenschaftliche Forschung

---

Autor/in:

Felix Lange

Kontakt: [flange@mpiwg-berlin.mpg.de](mailto:flange@mpiwg-berlin.mpg.de)

Institution: Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte

GND: [1084013126](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5:1-63862-p0011-9) ORCID: [0000-0002-3201-3792](https://orcid.org/0000-0002-3201-3792)

---

Autor/in:

Martin Unold

Kontakt: [martin.unold@hs-mainz.de](mailto:martin.unold@hs-mainz.de)

Institution: Hochschule Mainz

GND: [1084131374](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5:1-63862-p0011-9) ORCID: [0000-0003-2913-2421](https://orcid.org/0000-0003-2913-2421)

---

DOI des Artikels:

[10.17175/sb001\\_015](https://doi.org/10.17175/sb001_015)

Nachweis im OPAC der Herzog August Bibliothek:

[830205322](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5:1-63862-p0011-9)

Erstveröffentlichung:

19.02.2015

Lizenz:

Sofern nicht anders angegeben 

Medienlizenzen:

Medienrechte liegen bei den Autoren

Letzte Überprüfung aller Verweise:

24.05.2016

GND-Verschlagwortung:

[Sakralbau](#) | [Dreidimensionale Rekonstruktion](#) | [Visualisierung](#) |

Zitierweise:

Felix Lange, Martin Unold: Semantisch angereicherte 3D-Messdaten von Kirchenräumen als Quellen für die geschichtswissenschaftliche Forschung. In: Grenzen und Möglichkeiten der Digital Humanities. Hg. von Constanze Baum / Thomas Stäcker. 2015 (= Sonderband der Zeitschrift für digitale Geisteswissenschaften, 1). PDF Format ohne Paginierung. Als text/html abrufbar unter DOI: [10.17175/sb001\\_015](https://doi.org/10.17175/sb001_015).

Felix Lange, Martin Unold

## Semantisch angereicherte 3D-Messdaten von Kirchenräumen als Quellen für die geschichtswissenschaftliche Forschung

---

### Abstracts

Der vorliegende Beitrag gibt einen Einblick in raumbezogene epigraphische Forschungen von mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Kirchen im Rahmen des Forschungsprojektes *Inschriften im Bezugssystem des Raumes* (IBR). Dieses in den Spatial Humanities angesiedelte Vorhaben nutzt mit Hilfe einer speziell für diesen Zweck entwickelten Erfassungssoftware Punktwolken aus terrestrischen Laserscannings als Primärquelle für die Raumanalyse. Zusammen mit epigraphischen Fachdaten und Annotationen entsteht so die Datengrundlage für die Untersuchung vielfältiger Sinn- und Funktionsbezüge von Objekten in Kircheninnenräumen.

This paper provides an overview of spatially oriented epigraphic research in medieval and early modern churches as part of the Spatial Humanities research project *Inschriften im Bezugssystem des Raumes* (IBR). With the help of a custom made capturing software, this field uses geometric point cloud data from terrestrial laser scans as a primary source for spatial analysis. This data, in combination with epigraphic text sources and annotations, forms the basis for research on various symbolic and functional relations between objects in church interiors.

### 1. Einleitung: Historische Inschriften im Raumkontext

Insbesondere für quellenarme Perioden wie das Altertum oder das Mittelalter ist die Epigraphik eine wichtige historische Hilfswissenschaft. Inschriften als historische Textquellen unterscheiden sich wesentlich von Urkunden und erzählenden Genres, die von vornherein für die Verbreitung durch Kopie und Druck bestimmt waren, durch ihre feste Verbindung zu einem Inschriftenträger und originären Aufstellungsort. Letzterer ist zwar nicht unbedingt statisch gewesen – tatsächlich befinden sich zum Beispiel wenige Memorialinschriften in mittelalterlichen Kirchen noch *in situ*, sondern wurden in Folge religionsgeschichtlicher Ereignisse oder auch im Zuge von Baumaßnahmen zum Teil mehrfach disloziert –, für die meisten in der mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Epigraphik untersuchten Inschriftenarten lässt sich aber ein ihnen zugedachter Aufstellungsort annehmen. Dieser Ortsbezug ist im Fall von ortsdeiktischen Ausdrücken wie »hier« sogar bis in den Inschriftentext hinein zu verfolgen. Es kann demnach allgemein gelten, dass sich Inschriften nur im Zusammenhang mit ihrem Inschriftenträger und ihrem dedizierten Anbringungsort verstehen lassen.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. hierzu Fuchs 1991, S. 76: »Inschriftenträger gehören zu den wenigen Quellen mit verbalen Informationen, die anders als Urkunden oder erzählende Quellen immer in der Verklammerung von Text und Aussehen sowie – ganz wichtig – [eig. Hervorh.] zu verstehen sind.«

Doch wie lässt sich dieser Raumbezug methodisch fassen? Wir werden im Folgenden dafür argumentieren, dass geometrische Daten zum Inskriptenträger und seinem Raumkontext eine zuverlässige Quellengrundlage darstellen. Dieser technologiegestützte Ansatz steht im Kontext der *Spatial Humanities*<sup>2</sup>, einem Teilgebiet der digitalen Geisteswissenschaften, zu dem bisher vor allem Untersuchungen von sehr großflächigen Gebieten gerechnet werden: Es geht um weit ausgedehnte Untersuchungsgebiete in der Größe von Stadtteilen<sup>3</sup> bis hin zu interkontinentalen Handelsrouten, die naturgemäß als zweidimensionale Flächen betrachtet werden.<sup>4</sup> Im dreidimensionalen Raum untersucht werden meist eher kleinere Artefakte, etwa bei der Funddokumentation in der Archäologie.<sup>5</sup> Die zwischen beiden räumlichen Maßstäben liegende Analyse von textuellen, bildlichen und allgemein liturgischen Gegenständen in gebauten Umgebungen wird in mediävistischen und frühneuzeitlichen Forschungen hingegen meist auf eine recht technikferne Weise umgesetzt, so mit Projektionen auf zweidimensionale Grundrisse oder mittels Fotografien.<sup>6</sup>

Im folgenden Abschnitt werden zunächst exemplarisch einige geschichtswissenschaftliche Arbeiten zu Sinn- und Funktionsbezügen in Kircheninnenräumen vorgestellt. Anhand der daran anknüpfenden, aber interpretatorisch weitergehenden Annahme eines räumlichen Systems sinnhafter Bezüge in mittelalterlichen Kirchen sollen dann methodologische Desiderata und ihre Lösung durch geosemantische Software-Tools erläutert werden.<sup>7</sup>

## 2. Heilige, Gläubige, Bilder, Texte und Liturgie

Schon lange vor dem sogenannten *spatial turn* in den Geisteswissenschaften<sup>8</sup> sind Wechselbeziehungen und -wirkungen zwischen Objekten, Personen und Handlungen im Kirchenraum ein wichtiges Forschungsfeld in den historischen Disziplinen gewesen. Beispiele sind Gräber, Grabinschriften und Epitaphien. Ein entscheidender Aspekt für die Wahl des Ortes einer Grabstätte innerhalb der Kirche ist die *memoria*, insbesondere die durch Stiftungen ermöglichten liturgischen Vorkehrungen für das Seelenheil eines Verstorbenen. Aber nicht nur die Totenliturgie selbst, auch die Nähe des Toten zu Reliquien und Altären war dabei von großer Bedeutung. Stifter strebten danach, möglichst nahe an entsprechenden Orten bestattet zu werden und so neben ihrem individuellen Totengedenken auch von anderen gottesdienstlichen Handlungen zu profitieren. Dies hat Forscher dazu bewogen, nicht mehr vorhandene Grabmäler (unter anderem) in Abhängigkeit von der Entfernung zu umliegenden Altären und den dort gefeierten Liturgien zu lokalisieren.<sup>9</sup>

---

<sup>2</sup> Grundlegend Bruhn et al. 2014.

<sup>3</sup> Z. B. Gordon 2008.

<sup>4</sup> Z. B. Williams 2014.

<sup>5</sup> Z. B. Karasik 2008.

<sup>6</sup> Vgl. bspw. Neuheuser 2010. Vgl. hingegen Clark 2007 und Paliou 2014, insbesondere zu St. Vitale in Ravenna, S. 103ff., als Beispiele für technikgestützte raumbezogene Forschungsansätze in den Altertumswissenschaften.

<sup>7</sup> Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundprojektes »Inskripten im Bezugssystem des Raumes« entstanden, an dem die Hochschule Mainz und die Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz beteiligt sind [\[online\]](#).

<sup>8</sup> Zur Einordnung des Begriffs vgl. Döring / Thielmann 2008, S. 7ff.

<sup>9</sup> Schwarz 2005, S. 59f. Schwarz verhandelt hier eine symbolisch die eigentliche Grabstätte darstellende Grabtumba für Karl IV. bei der Marienkappelle von St. Veit in Prag.

Auch die Verortung und Ausgestaltung von Nebenaltären ist in den Zusammenhang eines die ganze Kirche umfassenden Bild- und Patrozinienprogramms gestellt worden.<sup>10</sup> Neuheuser wendet dazu allerdings ein, dass die Wahl von Altarheiligen eher privaten Vorlieben folgte und ihre Platzierung von den meist eingeschränkten Möglichkeiten in der Kirche abhing.<sup>11</sup>

Ähnlich funktionale und sinnhafte Bezüge zur räumlichen Umgebung werden auch für andere bildliche Quellen wie Lehrtafeln und Wandgemälde erforscht. Für St. Bartholomäus in Frankfurt am Main hat Astrid Krüger herausgestellt, dass ein Fries mit einer bestimmten Variante des Bartholomäus-Martyriums die Textauswahl für das Brevier beeinflusst habe, das während der Liturgie gelesen wurde.<sup>12</sup> Text, Bild und liturgische Handlungen stehen hier also in enger Abhängigkeit zueinander.

Für die zeitgenössische Wahrnehmung räumlicher Beziehungen sind aber auch schriftliche Quellen von Bedeutung. Ordinarienbücher, die die Ortsliturgie genau vorschreiben, allgemeine Abhandlungen wie etwa das *Rationale divinatorum officiorum* des Durandus von Mende<sup>13</sup> oder der Kirchweihbericht des Abtes Suger von Saint-Denis stellen sakrale Objekte und die Kirchenarchitektur in den Kontext der Liturgie.<sup>14</sup> Sie spiegeln und beeinflussen damit die physische Konstruktion und Deutung räumlicher Verhältnisse in Kirchausstattung und Liturgie. So fordert Durandus, Abbildungen der vier Evangelisten in einer bestimmten räumlichen Anordnung zueinander zu zeigen<sup>15</sup>, und Suger betont die besondere Bedeutung der Hauptachse des Langhauses (*in medio ecclesiae*).<sup>16</sup>

Dieser beispielhafte Überblick zeigt, dass wechselseitige räumliche Bezüge für das Verstehen und ggf. die Rekonstruktion nicht nur von Inschriften, sondern auch von Altären, bildlichen Quellen und Grabmälern von großer Bedeutung sind. Das Projekt »Inschriften im Bezugssystem des Raumes« (IBR) untersucht vor diesem Hintergrund die Frage, inwieweit sich diese semantischen Aspekte von Positionen und Relationen im physischen Raum in der Gesamtanalyse eines Gebäudeinneren zu einem komplexen Geflecht, einem *System* räumlicher Bezüge verdichten lassen.<sup>17</sup> Die Elemente des Systems wären in diesem Fall Personen, die sich im Kontext liturgischer Handlungen im Raum aufhalten und bewegen, und die für die Liturgiefeier relevanten Objekte. Entscheidend ist, dass eine solche sinn- und funktionstragende Anordnung eine historische Relevanz hat, also tatsächlich ein Bedingungsfaktor für Wahrnehmungen und Handlungen historischer Personen war. Es geht hingegen nicht darum, eine Art »Mindmap« zu konstruieren, die eher Assoziationen und Interpretationen heutiger Forscher wiedergibt.

---

<sup>10</sup> Van der Ploeg 1993, S. 98ff.

<sup>11</sup> Neuheuser 2010, S. 190f.

<sup>12</sup> Krüger 2010, S. 149ff.

<sup>13</sup> Faupel-Dreves 1998, *passim*.

<sup>14</sup> Neuheuser 1998, *passim*.

<sup>15</sup> Vgl. hierzu Faupel-Dreves 1998, S. 671, 675f.

<sup>16</sup> Neuheuser 1998, S. 654. Vgl. allgemein zu diesem Begriff Neuheuser 2010, S. 187f.

<sup>17</sup> Vgl. Schwartz 2014 und Schwartz [in Vorbereitung] für eine ausführliche theoretische und empirische Fundierung.

Dieses angenommene System lässt sich durch einige grundlegende räumliche Relationen strukturieren. Ein Beispiel sind wiederkehrende Eigenschaften von Bildmotiven. Dies soll am Beispiel zur »Wahren Länge Christi« verdeutlicht werden. Dabei handelt es sich im weiteren Sinne um das religionsgeschichtliche Phänomen, von der Größe der Grabstätte Jesu in der Grabeskirche zu Jerusalem auf seine tatsächliche Lebensgröße zu schließen, und das so erhaltene Maß auf Gegenstände wie Amulette sowie auf bildliche Christusdarstellungen anzuwenden.<sup>18</sup> Wenn die Heilige Länge das Thema eines Wandgemäldes in einer Kirche ist, kann man fragen, ob andere Christusdarstellungen im Raum wie Kreuzskulpturen gewissermaßen als Zitat dieser Darstellung zu verstehen und daher ähnlich dimensioniert sind.<sup>19</sup> Wichtig ist auch die relative Positionierung von Objekten und Personen durch Parallelität, Symmetrie und Opposition (d.h. die Platzierung einander gegenüber). Letztere Relation lässt sich etwa in der Zelebrationsrichtung des die Liturgie feiernden Geistlichen *versus populum*, also der Gemeinde zugewandt, erkennen.<sup>20</sup> Im Kontext von van der Ploegs Untersuchung zu Nebenaltären, die gewissermaßen in »Leserichtung« angeordnet wurden und einen narrativen Zusammenhang bildeten,<sup>21</sup> wären die relativen Positionierungen »links« und »rechts« interessant. Wichtig können aber auch vertikale Abfolgen und Himmelsrichtungen sein, was zum Beispiel in der Ausrichtung von Sanktuarien nach Osten bzw. nach Westen deutlich wird.<sup>22</sup> Schließlich lassen sich auch durch menschliche Wahrnehmungen und Handlungen determinierte Relationen wie Zugänglichkeit und Sichtbarkeit nennen.<sup>23</sup> Für diese räumlichen Beziehungen muss eine wissenschaftliche Repräsentationsform gefunden werden, die gleichermaßen Dokumentation und Analyse ermöglicht.

### 3. Der Raum als Quelle

Wie bereits erwähnt, ist die vorwiegende Darstellungsweise für die hier besprochenen Forschungsansätze der wissenschaftliche Text mit schematischen Zeichnungen und Fotografien, was einige methodische Probleme mit sich bringt.

Bei Textquellen wird es im Zuge der Digitalisierung möglich, weitgehend ortsunabhängig zu forschen. Dies stellt für Arbeiten, die auf Archivrecherchen basieren, eine enorme Erleichterung dar.<sup>24</sup> Historische Forschungen zu gebauten Umgebungen wie Kircheninnenräumen kommen hingegen bislang im Allgemeinen nicht ohne eine Ortsbesichtigung aus. Vor allem für vergleichende Studien zu einer größeren Anzahl von Kirchen ergeben sich daraus

---

<sup>18</sup> Grundsätzlich zur Heiligen Länge Herkommer 2008, S. 91 ff.

<sup>19</sup> Frithjof Schwartz, pers. Komm. Diese Frage stellte sich angesichts des Wandgemäldes mit der Länge Christi in der Liebfrauenkirche zu Oberwesel (vgl. Abschnitt 7), wurde aber nach entsprechenden Messungen negativ beantwortet. Vgl. die Inschriftenedition des Wandgemäldes in Nikitsch 2004, S. 139f. (Katalognummer 140).

<sup>20</sup> Vgl. hierzu z. B. Jacobsen 2000, S. 68ff., zur religionsgeschichtlichen Bedeutung verschiedener Zelebrationsrichtungen und ihnen entsprechender räumlicher Aufteilungen von Sanktuarien.

<sup>21</sup> Van der Ploeg 1993, S. 98ff.

<sup>22</sup> Jacobsen 2000, S. 72f. und 75ff.

<sup>23</sup> Vgl. Abschnitt 6.

<sup>24</sup> Dies ist natürlich nur der Fall, wenn nicht lizenzrechtliche Beschränkungen den ubiquitären Zugriff auf digitale Quellen wenigstens von Bibliotheken aus verhindern. Interessant sind in diesem Zusammenhang die Interviews mit Historikern in Allen / Sieczkiewicz 2010, S. 2, in denen die Befragten Beschränkungen ihrer Arbeit mit digitalisierten historischen Zeitungen durch regionale und nationale Ausrichtungen bei der Lizenznahme beklagen. In US-amerikanischen Bibliotheken etwa finden sich natürlich mehr amerikanische als europäische Zeitschriften und umgekehrt.

naheliegende forschungspraktische Probleme. Noch schwerer wiegt aber, dass genuin raumbezogene Argumentationen auf der Grundlage schematischer Zeichnungen und ausschnittthafter Fotografien für Leser im Allgemeinen nicht vollständig überprüfbar und daher auch nicht falsifizierbar sind. Details der Kirche und ihrer Ausstattung werden lediglich durch Darstellungen des Autors bzw. der Autorin vermittelt, der oder die bei der Auswahl von Fotografien und bei der Reduktion des Vorgefundenen in der vereinfachten Zeichnung möglicherweise Aspekte, die seine Forschungsthese stützen, gegenüber potentiellen Hinweisen auf gegenteilige Annahmen bewusst oder unbewusst bevorzugt hat. Geschichtswissenschaftliche Diskurse werden jedoch idealerweise auf der Grundlage einer allgemein zugänglichen gemeinsamen Quellenbasis geführt. Gerade diese Voraussetzung ist für die raumbezogene Forschung jedoch nicht gegeben. Es bräuchte dafür eine vollständige fotografische Dokumentation etwa der in Rede stehenden Kirche(n). Selbst damit aber hätte man noch keine zuverlässige Forschungsgrundlage; so könnten von den oben angesprochenen Raumrelationen beispielsweise sowohl Sichtbarkeiten als auch Entfernungen und Maße nur bedingt vom Rezipienten selbst bestimmt werden. Es fehlt in diesem Fall eine gemeinsame, umfassende Repräsentation des räumlichen Untersuchungsobjektes.

Die Limitationen des konventionellen zweidimensionalen Ansatzes lassen sich an der im Übrigen sehr überzeugenden Arbeit von Kosch<sup>25</sup> zur »Binnentopographie« ehemaliger Kölner Konventkirchen gut festmachen. Kosch will die soziale und liturgische Organisation des Kircheninnenraumes darstellen und zu diesem Zweck unter anderem Zugangsmöglichkeiten und -beschränkungen für Laien und Geistliche in der Kirche kartieren. Dabei sollen auch die verschiedenen historischen Bauzustände berücksichtigt werden. Hierzu nutzt er computergenerierte Längsschnitte und Querschnitte aus verschiedenen Höhen, die auf bestehenden Zeichnungen basieren. Die liturgisch-soziale Raumgliederung wird mit Hilfe von Farbmarkierungen (Pfeilen und Schraffuren) dargestellt. Frühere oder spätere Bauzustände werden durch unterschiedliche Strichstärken gekennzeichnet. Diese Darstellung macht zum Beispiel in unmittelbar nachvollziehbarer Weise deutlich, dass Wege durch die Kirche zu Orten von liturgischer Bedeutung für Laien und Kleriker deutlich voneinander getrennt waren.<sup>26</sup> Dass andererseits ein Sarkophag im Kirchenschiff von einer Krypta unter dem Hauptchor aus sichtbar war,<sup>27</sup> müssen wir dem Autor glauben. Von welchen Standpunkten aus in der Krypta Sichtbarkeit gegeben war, welchen Teil des Sarkophags man an diesen Stellen sah und ob die Sichtbarkeit auch für die üblichen Körpergrößen im Mittelalter gegeben war, kann der Leser nicht selbst überprüfen. Dies gilt auch für die Quellenbasis der eingezeichneten historischen Raumgliederungen. Kosch räumt selbst ein, dass »die eigentlich unerlässliche, im Einzelnen jeweils durch konkrete Belege gestützte Beweisführung für alle auf den Plänen eingezeichneten Detailangaben in diesem Rahmen nicht oder nur andeutungsweise geleistet werden kann«.<sup>28</sup> Schließlich beschränkt es die Aussagekraft der Darstellungen und die (intuitive) Nachvollziehbarkeit der gemachten Aussagen, dass es sich um Zusammenstellungen von zweidimensionalen Zeichnungen handelt.

---

<sup>25</sup> Kosch 2000.

<sup>26</sup> Kosch 2000, S. 140.

<sup>27</sup> Kosch 2000, S. 139.

<sup>28</sup> Kosch 2000, S. 141. Der Autor bezieht sich dabei auf eine Nachfolgepublikation zu den romanischen Altstadtkirchen Kölns, in denen die hier beschriebene Darstellungsweise Verwendung gefunden hat.

## 4. Dreidimensionale Messdaten als Repräsentationen räumlicher Quellen

Es ist leicht nachvollziehbar, dass die dreidimensionale Darstellung eines Kircheninnenraumes sowohl in seiner Gesamtheit als auch in einem Detailgrad, der Objekte wie Inschriftenträger erkennbar macht, durch digitale Daten erfolgen muss. Aber welche Informationen müssen diese Daten enthalten, und wie sind sie zu visualisieren? Im Hinblick auf die Geschichtlichkeit des Untersuchungsgegenstandes – eine Kirche hat eventuell mehrere Ausbauphasen erlebt, die in ihr enthaltenen Objekte sind zum großen Teil nicht mehr an ihrem ursprünglichen Ort, andere Objekte sind ganz verschwunden – sind hier zunächst externe Annotationen zu nennen. Es muss eine Möglichkeit geben, Hypothesen über die historische räumliche Gestalt gleichsam als ›text‹-kritischen Kommentar in geeigneter Weise getrennt von der Quelle abzubilden, während diese selbst lediglich den ›überlieferten‹, also in der Gegenwart existierenden Raumkörper darstellt.

Eine in der Archäologie häufig verwendete entsprechende Darstellungsform ist das virtuelle Modell, das in den letzten Jahren als Visualisierungs-, aber auch als Analysegrundlage an Popularität gewonnen hat.<sup>29</sup> Insbesondere für Gebäude, von denen lediglich Fundamente erhalten sind, ist dies die einzige mögliche Form der Visualisierung. Die Virtualität erschwert jedoch die Trennung des objektiv vorhandenen Baubefundes von der Rekonstruktion: Die Ornamente etwa einer korinthischen Säule, von der in Wirklichkeit nur noch die Basis erhalten ist, werden ohne Relativierung in einem rekonstruierten visualisierten Modell einfach postuliert. Zwar werden in solchen Fällen meist vorgefundene und rekonstruierte Teile grafisch deutlich voneinander getrennt,<sup>30</sup> und in wissenschaftlichen Modellierungsumgebungen gibt es die Möglichkeit, die Hintergründe von Rekonstruktionen nach fachspezifischen Standards zu dokumentieren.<sup>31</sup> Aber auch hier beinhaltet die visuelle Darstellung eine mehr oder weniger implizite Forschungshypothese, eine Modellierungsentscheidung, und ist damit keine Quelle im geschichtswissenschaftlichen Sinn. Bei mittelalterlichen Kirchen ist überdies das Verhältnis von vorgefundener Bausubstanz zu fehlenden Elementen im Allgemeinen vergleichsweise günstig, weshalb eine vollständig virtuelle Darstellung unnötig künstlich erscheint.

Der Gegenentwurf dazu ist die möglichst genaue Erfassung des vorgefundenes Raumes durch moderne Messverfahren. Digitale Aufnahmen des Ist-Zustandes einer historischen Umgebung sind abgesehen von der Wahl der Aufnahmestandpunkte objektiv. Sie sind frei von Interpretation und können daher als Primärquellen angesehen werden, die digital analysierbar sind. Beim terrestrischen Laserscanning (TLS) als Aufnahmemethode, die im Folgenden näher betrachtet wird, ist das digitale Resultat eine Punktwolke. Eine Punktwolke ist eine Liste von Koordinaten, die in diesem Fall aus dem Sichtbereich des Scanners stammt, also die Punkte enthält, an denen der Laserstrahl auf ein festes Objekt – wie eine Wand oder einen Gegenstand – trifft. Durch terrestrische Laserscanner kann also ein Raum durch eine große Zahl von dreidimensionalen Messpunkten abgebildet werden, und zwar je nach Auflösung reduziert,

---

<sup>29</sup> Hermon 2008, S. 36 ff.

<sup>30</sup> Vgl. z. B. Hermon 2008, S. 41, Abb. 6.

<sup>31</sup> Z. B. die prozesshaft dokumentierende Modellierungstechnik in Saldana 2014.

aber ohne dass eine systematische Verfälschung seiner physischen Eigenschaften wie bei einer schlechten Modellierung droht.

TLS-Daten sind objektiv, enthalten allerdings nicht die physischen Zusammenhänge, die für das menschliche Erkennen entscheidend sind; nämlich Objekte wie Altäre oder Säulen. Insbesondere ist die tatsächliche flächenhafte Gestalt physischer Objekte unbekannt, von Informationen über die Geometrie ganz zu schweigen. Daher müssen Teile der Punktwolke ausgeschnitten und mit Fachinformationen verknüpft werden. Für diesen Prozess sind Computerprogramme nötig, die den Menschen bei dieser Aufgabe unterstützen, indem die Koordinaten-Liste geeignet visualisiert und durchsuchbar gemacht wird.<sup>32</sup> Weil gängige Softwarelösungen für diese Aufgabe für Ingenieure und Techniker ausgelegt sind und daher ein tiefes Verständnis von analytischer Geometrie und Erfahrung im Umgang mit 3D-Anwendungen voraussetzen, entstand im Rahmen des Projektes IBR eine Eigenentwicklung: der **GenericViewer**. Das Programm bietet durch die Überlagerung von Panorama-Bildern und Punktwolken einen vereinfachten Zugang. Zusätzlich zu der Möglichkeit, Objekte in Punktwolken zu identifizieren, können diese direkt mit Fachdaten angereichert werden.

## 5. Semantische Anreicherung

In manchen Untersuchungen sind reine Punktwolkendarstellungen hinreichend, um raumbezogene Arbeiten empirisch zu untermauern. Für die datenlogische Abbildung der oben skizzierten raumsemantischen Zusammenhänge ist es aber notwendig, die geometrischen mit wissenschaftlichen Fachdaten anzureichern. Dabei müssen zuerst die händisch markierten geometrischen Objekte mit Klassifizierungen wie ›Altar‹ inhaltlich beschrieben werden. Ein zweiter Schritt ist die Verknüpfung der markierten und benannten Objekte mit möglichen inhaltlichen Bezügen. Auf dem gegenwärtigen Stand der Technik ist es je nach eingesetzter Software zusätzlich nötig, komplexere räumliche Relationen, wie beispielsweise die parallele Anordnung von Objekten, händisch zu markieren. Damit sind die Schritte bereits genannt, wie räumliche Bezüge datentechnisch modelliert und in Datenbanken für vergleichende und quantitative Analysen abfragbar gemacht werden können.

Um vergleichende Forschungen zu betreiben und um die gesammelten Daten öffentlich zugänglich und maschinenlesbar zu machen, sollten sie mit Metadaten beschrieben werden. Diese Metadaten sollten konventionalisiert sein und nicht als einfache Zeichenketten eingegeben werden. Diese Forderungen führen zur Verwendung von Semantic-Web-Technologien. Statt fest definierter Spaltenüberschriften wie in einem relationalen Datenbankschema erhält der Nutzer bzw. die Nutzerin hier die Möglichkeit, für beliebige Subjekte, Objekte und Prädikate Relationen aus ubiquitär gültigen und (maschinen)lesbaren Ontologien und Taxonomien zu wählen. Auf diese Weise können prinzipiell alle markierten Objekte mit anderen Datenbeständen, beispielsweise aus der **Europeana**<sup>33</sup>, in Bezug gesetzt werden. Trotzdem ist die nötige Freiheit in der Metadatenauswahl bei entsprechender

---

<sup>32</sup> Für eine technisch vertiefende Darstellung z. B. Wimmer et al. 2006, S. 129 ff.

<sup>33</sup> Das Projekt **3D-Icons** entwickelt Möglichkeiten, wie auch dreidimensionale Daten in Europeana eingespeist werden können.



Wahl des Vokabulars gewährleistet. Semantisch modellierte Objektbezüge erscheinen im Datenmodell als Triple in der Form Subjekt-Prädikat-Objekt (SPO), was die Formulierung von formalisierten Forschungsaussagen, die über bloße Typzuweisungen hinausgehen, auf eine einfache Weise ermöglicht.

Eine Implementierung der hier skizzierten Anwendung für dreidimensionale Objekte ist Arrigo.<sup>34</sup> Es erlaubt die dreidimensionale Darstellung und die Klassifizierung von Artefakten mittels semantischer Annotation. Unseres Wissens hingegen existiert aber bis dato keine integrierte Softwareumgebung für die Beschreibung von räumlichen Objekten und ihren Relationen, die für größere gebaute Umgebungen geeignet ist und daher über die Objektdokumentation hinaus komplexere historische Sachverhalte für geisteswissenschaftliche Zwecke abbilden kann.

## 6. Softwaretechnische Implementierung: GenericViewer

Die von IBR entwickelte Software stellt komplexe geoinformatische Technologien in stark vereinfachter Weise zur Verfügung. Einige räumliche Relationen können (halb-)automatisch berechnet werden: Längen, Flächen, Distanzen und die Lage von Objekten im Raum werden auf Grundlage der 3D-Koordinaten durch den GenericViewer angegeben. Mittels standardisierter Datenbeschreibungen ist ein Export markierter Objekte oder größerer Raumausschnitte zur weiteren Analyse in externen Softwareprogrammen möglich.<sup>35</sup> Mit externen Tools lassen sich dann zum Beispiel Viewshed-Analysen durchführen, bei denen für einen gegebenen Punkt im Raum dessen Sichtfeld errechnet wird. Diese Technologie ist eine Grundlage für die komplexen Raumcharakterisierungen der ›Space Syntax‹.<sup>36</sup>

Für die semantische Anreicherung wurde das Annotationssystem Pundit in einer reduzierten, auf Geo-Objekte spezialisierten Version in den GenericViewer integriert. Pundit ist ursprünglich für die Annotation von HTML-Texten in digitalen Bibliotheken entwickelt worden und ermöglicht die Formulierung von Aussagetripeln.<sup>37</sup> Durch das Modul TripleComposer, welches lediglich die Subjekt-Prädikat-Objekt-Slots mittels Drop-Down-Menü ausgeführter Listen zeigt,<sup>38</sup> wird eine weitgehende Abstraktion von den im Hintergrund geschriebenen RDF-Graphen erreicht, was einer häufig geäußerten Usability-Forderung an semantische Annotatoren entspricht.<sup>39</sup> Gleichzeitig bleibt aber die Möglichkeit, logisch-semantische Zusammenhänge besser abzubilden als durch das bloße semantische Tagging von einzelnen Objekten.<sup>40</sup> Im GenericViewer können geometrische Objekte, Webseiten, Texte und Elemente aus semantischen Vokabularen zu Klassifizierungen und Aussagen verknüpft werden. Die folgenden Abbildungen (1, 2, 3, 4) zeigen einen zyklischen Workflow der Markierung, Auszeichnung und anschließenden Abfrage entsprechender geosemantischer Daten. Hier

---

<sup>34</sup> Havemann et al. 2009.

<sup>35</sup> Vgl. Ganitseva et al. 2014.

<sup>36</sup> Griffiths 2012.

<sup>37</sup> Nucci et al 2012.

<sup>38</sup> Vgl. Abbildung 2.

<sup>39</sup> Hinze et al. 2012, S. 170.

<sup>40</sup> Vgl. z. B. Hinze et al. 2012.

wird ein geometrisches Objekt, in diesem Fall ein Wandgemälde, markiert und im Triple Browser (Abbildung 2) entsprechend klassifiziert. In einer SPARQL-Abfrage werden dann alle Wandgemälde in der Kirche abgefragt (Abbildung 3) und in der Panoramafotografie angezeigt (Abbildung 4).

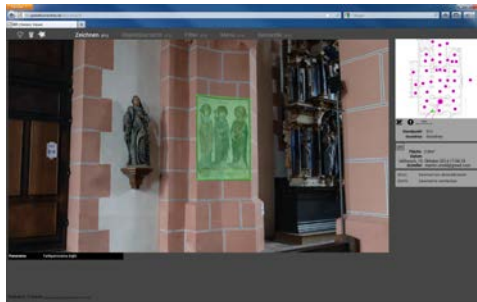


Abb. 1: Markierung einer Geometrie im GenericViewer. Quelle: Martin Unold, i3mainz.

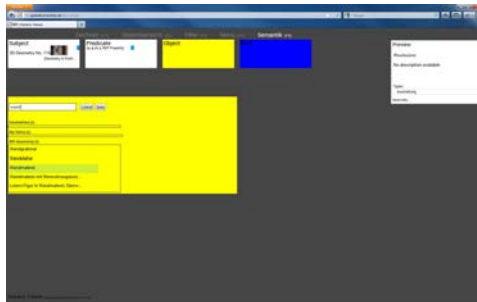


Abb. 2: Klassifizierung. Quelle: Martin Unold, i3mainz.

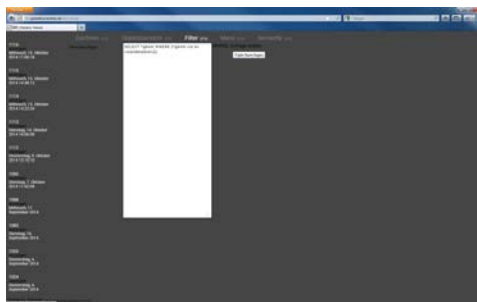


Abb. 3: Abfrage des Triple Stores nach Geometrien. Quelle: Martin Unold, i3mainz.

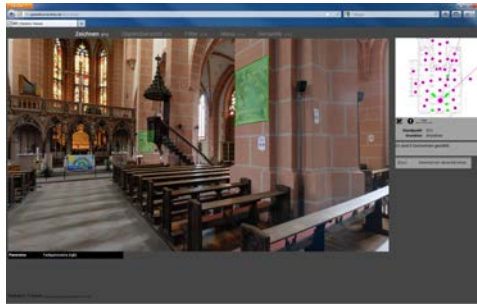


Abb. 4: Anzeige der Abfrage im Panoramabild. Quelle: Martin Unold, i3mainz.

Anhand der annotierten Geometrien im GenericViewer lässt sich erkennen, dass die Dokumentation des vorgefundenen baulichen Zustands als Quelle und ihre geschichtswissenschaftliche Beschreibung in Form von Annotationen strikt voneinander getrennt sind. Letztere trägt nicht zur Visualisierung bei, sondern mündet in Datenbankeinträgen, die Referenzen auf Teile der Punktwolke beinhalten.

Neben händischen Annotationen können Geodaten auch durch ›autoritative‹ wissenschaftliche Texte semantisch angereichert werden. Im Falle von Inschriften sind dies kritische Editionen, wie sie für den deutschen Sprachraum durch das Webportal [Die Deutschen Inschriften Online](#) bereitgestellt werden. Mit Hilfe von XSLT-Transformationen lassen sich diese Daten extrahieren, transformieren und als SPO-Tripel im RDF-Format in den Triple-Store des GenericViewer laden. Im Ergebnis stehen zu jeder Geometrie, sobald sie mit einer Katalognummer aus ‚Deutsche Inschriften Online‘ verbunden ist, eine Vielzahl von zuverlässigen historischen Informationen bereit.<sup>41</sup>

Diese Form der Verbindung von strukturierten 3D- und Text-Daten macht den GenericViewer zu einem multimedialen, ›qualitativen‹ GIS-System, wie es Corrigan<sup>42</sup> vorgeschlagen hat. Während er damit jedoch eine Ergänzung von wissenschaftlichen Geo- und Text-Daten durch eher szenische Begleitinformationen zu meinen scheint,<sup>43</sup> geht es hier allein um eine Aggregation analysetauglicher Daten.

Im Folgenden werden zwei im Projektkontext unter Leitung von Frithjof Schwartz durchgeführte Referenzstudien vorgestellt.<sup>44</sup> In ihnen wird mit Hilfe des Softwaretools der Versuch unternommen, den räumlichen Kontext von Inschriftenträgern adäquat zu modellieren und in empirisch abgesicherter Weise zu analysieren. Beide Arbeiten behandeln die spätgotische Liebfrauenkirche im mittelhessischen Oberwesel.

## 7. Zwei Referenzstudien

---

<sup>41</sup> Vgl. den entsprechenden [Webservice](#) dazu, implementiert von Torsten Schrade, AdW Mainz.

<sup>42</sup> Corrigan 2010.

<sup>43</sup> Corrigan 2010, S. 87.

<sup>44</sup> Schwartz 2014 und Schwartz [in Vorbereitung].

Die an den Baubeginn der Liebfrauenkirche im Jahre 1308 erinnernde Gründungsinschrift befindet sich in der mittleren Maßwerkzone der Chorfenster. An dieser Inschrift ist weniger ihr Text (dieser erwähnt lediglich den Baubeginn<sup>45</sup>), wohl aber die Ausführung innerhalb der Chorfenster und die Anbringung hinter dem Hauptaltar außergewöhnlich. Da dieser Chor erst im Jahre 1331 fertiggestellt wurde, ist die Inschrift offensichtlich auch deutlich nach 1308 dort angebracht worden. Als eine mögliche Erklärung wird in der Literatur auf die Stadtgeschichte verwiesen. Der Baubeginn fiel nämlich in das letzte Jahr, bevor die vormals reichsfreie Stadt 1309 von König Heinrich VII. an den Trierer Erzbischof Balduin verpfändet wurde. Nach Nikitsch handelt es sich um eine an den Erzbischof gerichtete Anspielung auf die Zeit der städtischen Reichsfreiheit. Wichtig für diese Argumentation ist der Anbringungsort der Inschrift, also direkt vor dem Hauptaltar, an dem Balduin selbst möglicherweise die Altarweihe 1331 zelebrierte. Der Erzbischof oder der jeweils am Hauptaltar stehende Priester wären demnach die eigentlichen (Haupt-)Adressaten dieser Inschrift gewesen.<sup>46</sup> Ein wichtiger Prüfstein für die Plausibilität dieses Argumentes ist die Frage, von welchen Positionen die Inschrift überhaupt lesbar war. Müller gibt hierzu an, dass man »den besten Blick auf die Inschrift vom Hauptaltar aus«<sup>47</sup> habe. Es stellt sich nun die Frage, ob die über die Chorfenster verteilte Schrift vom Hauptaltar aus vollständig sichtbar war und ob sie wirklich *nur* von dort zu sehen und zu lesen war. Eine exklusive Lesbarkeit für den Kleriker am Hauptaltar wäre ein starkes Argument dafür, dass sie tatsächlich auch vor allem an ihn gerichtet war.

Zur empirischen Prüfung dieser Frage wurde auf der Grundlage der Punktwolke eine Viewshed-Analyse angefertigt. Diese Form der Sichtfeldanalyse berücksichtigt auch den Blickwinkel des Betrachters. Das in *Abbildung 5* in Form in einer Heat-Map dargestellte Ergebnis zeigt, wie viele Stellen in der gesamten Kirche Sichtachsen zu welchen Segmenten der Inschrift aufweisen. Tatsächlich lässt sich an dieser Darstellung ablesen, dass die Inschrift lediglich vom Hauptaltar aus vollständig sichtbar war. Mit Hilfe einer im GenericViewer vorgenommenen Messung der Höhe der Inschrift sowie der Buchstabengrößen konnte zusätzlich abgeschätzt werden, dass der Betrachter bzw. die Betrachterin sie auch tatsächlich *lesen* konnte. Die Interpretation Nikitschs scheint also in diesem Punkt bestätigt zu werden. Diese Untersuchung zeigt damit, wie eine konventionelle, vor allem auf Textquellen gestützte historische Forschungsarbeit durch die Untersuchung des physischen Raumes ergänzt werden kann. Dies ist auch ein weiteres Beispiel dafür, welche große Rolle der Raumkontext von Inschriften für ihre kommunikative Zweckbestimmung spielt.

---

<sup>45</sup> »+ IN[C]HOATA [F][V]IT SCE MARIE A[N]O DNI [MC]CC OCATVO, begonnen wurde die Kirche der heiligen Maria im Jahre 1308«, Nikitsch 1996, S. 99.

<sup>46</sup> Vgl. hierzu Nikitsch 1996, S. 105ff.

<sup>47</sup> Müller 2008, S. 11.

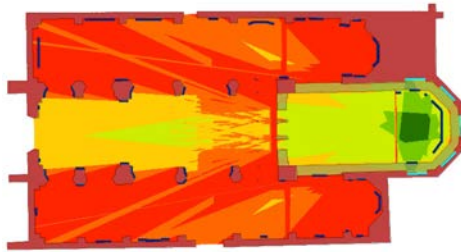


Abb. 5: Viewshed-Analyse für die Lesbarkeit der Bauinschrift. Rötliche Farbtöne signalisieren eine geringe Zahl lesbarer Buchstaben vom jeweiligen Standpunkt, grünliche Farbtöne eine hohe Zahl. Quelle: i3mainz / Julia Ganitseva.

Eine weitere Referenzstudie<sup>48</sup> untersucht die Stiftungstätigkeit des vermutlich 1515 verstorbenen Kanonikers Petrus Luterns<sup>49</sup> in der Kirche. Dieser hinterließ unter anderem eine der heiligen Martha gewidmete Kapelle, in der er offenkundig auch beerdigt wurde. Weder das zur Grabstätte gehörende Epitaph mit Inschrift und Grabfigur, noch das Retabel des Martha-Altars sind *in situ* erhalten. Um ein genaueres Bild von den Vorkehrungen Luterns für sein Seelenheil zu erhalten, muss also zunächst der ursprüngliche Ort der Martha-Kapelle und ihrer Bestandteile bestimmt werden. Dazu gibt die Gestaltung der Grabfigur wertvolle Hinweise. Wie eine Auswertung der Messdaten ergab, ist ihr Kopf um ca. 9° nach rechts geneigt. Schwartz nimmt ausgehend von diesem auffälligen Befund wechselseitige visuelle Bezüge zwischen dem Altar als dem Ort der Totenmesse und dem Grab an, die sich laut der Epitaphinschrift beide in dieser Kapelle befanden. Demnach war der Blick der Grabfigur an ihrem bislang unbekanntem ursprünglichen Ort direkt auf den Martha-Altar und damit auf den Liturgen gerichtet, um eine symbolische Nähe zu dem Toten herzustellen.

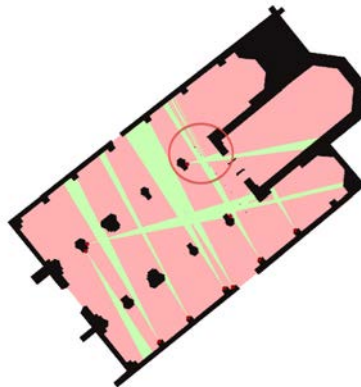


Abb. 6: Viewshed-Analyse für die Lokalisierung des Lutern-Epitaphs mit Sichtfeldern der Grabfigur. Quelle: i3mainz / Julia Ganitseva.

---

<sup>48</sup> Schwartz [in Vorbereitung].

<sup>49</sup> Vgl. Müller 2008, S. 33, zu den aus der Epitaphinschrift hervorgehenden biographischen Angaben.

Ein wichtiger Prüfstein für diese These ist, ob sich für Grabfigur und Altar wirklich ein Paar von Anbringungsorten finden lässt, welches eine Sichtachse zwischen beiden Objekten unter Berücksichtigung der Kopfneigung ermöglicht. Mit Hilfe einer weiteren Viewshed-Analyse wurden mögliche Anbringungsorte entsprechend überprüft. Wichtigstes Auswahlkriterium dabei waren Wandabschnitte, die Spuren einer früheren Anbringung von Gegenständen aufweisen. Für die entsprechende, mit dem GenericViewer auf den digitalen Raumdaten vorgenommene Objekt-Auswahl wurde jeweils eine Sichtfeldanalyse angefertigt, entsprechend der Hypothese, dass sich der Martha-Altar im Sichtfeld der Grabfigur befinden haben müsse. *Abbildung 6* zeigt, dass unter diesen Voraussetzungen als wahrscheinlichster Standort der Kapelle ein Platz innerhalb des Lettners in Frage kommt. Es handelt sich hierbei um den Laubengang des Lettners auf der linken Seite (Markierung in *Abbildung 6*), an dem sich auch heute noch ein Altartisch befindet. Tatsächlich befinden sich in passender Höhe dazu auf dem gegenüberliegenden Pfeiler auch Spuren früherer Halterungen. Offensichtlich ist also lediglich das Retabel an einen anderen Ort gebracht worden, möglicherweise, um einem neuen (und zwischenzeitlich wieder entfernten) Aufsatz auf dem Altartisch Platz zu machen.

Das Vorhandensein dieses Tisches und andere Hinweise haben zwar auch bereits bei der persönlichen Besichtigung des Ortes die Aufmerksamkeit des Forschers geweckt und den Verdacht entstehen lassen, es handele sich dabei um den ursprünglichen Anbringungsort des Martha-Retabels. Das Sichtfeld der Figur als das letztlich entscheidende Argument für diese These jedoch konnte unmöglich ohne technische Hilfsmittel bestimmt werden. Dies wäre allenfalls mit einem Grundriss wie in *Abbildung 6* möglich. Dieser Darstellung fehlt jedoch die dritte Raumdimension, so dass sie nicht zeigen kann, dass die Figur sich auch tatsächlich in Höhe des angenommenen Retabels befand. Schließlich sollte eine solche komplexe Indizienkette für das Fachpublikum nachvollziehbar sein. Das wird aber nur durch eine nachmess- und damit nachprüfbar, aber auch visuell zugängliche Dokumentation der Forschungen und ihres Untersuchungsgegenstandes ermöglicht, wie sie der GenericViewer bietet.

## 8. Fazit

Die in dieser Arbeit vorgestellten Studien haben gezeigt, dass Zweckbestimmungen und Bedeutungen textueller, aber auch bildlicher und skulpturaler Objekte in mittelalterlichen Kircheninnenräumen im Zusammenhang ihrer historischen räumlichen Umgebung gesehen werden müssen. Für diesen Zusammenhang spielen geometrisch bestimmbare Relationen zu anderen Objekten wie Distanz und Sichtbarkeit häufig eine große Rolle. Aus diesem Grunde sind verlässliche, objektive Geodaten eine hilfreiche Quelle für die Geschichtswissenschaft. Das hier vorgestellte Software-Tool GenericViewer stellt einen Zugang zu dieser Art von Daten dar.

Auch bei Vorliegen geometrischer Analysen ist die Erforschung räumlicher Sinnbezüge jedoch durch die Knappheit historischer Informationen limitiert. Dem kann neben klassischer geschichtswissenschaftlicher Forschungstätigkeit nur durch die systematische Sammlung raumbezogener Daten sowie durch ihre nachhaltige Speicherung und Verfügbarmachung, z. B. über das Semantic Web, begegnet werden.

## Bibliographische Angaben

- Avshalom Karasik: Applications of 3D technology as a research tool in archaeological ceramic analysis. In: Beyond Illustration: 2D and 3D Digital Technologies as Tools for Discovery in Archaeology. Hg. von Bernard Frischer / Anastasia Dakouri-Hild. Oxford 2008, S. 103–116. [\[Nachweis im GBV\]](#)
- Robert B. Allen / Robert Sieczkiewicz: How historians use historical newspapers. In: Proceedings of the American Society for Information Science and Technology 47 (2010), H. 1, S. 1–4. DOI 10.1002/meet.14504701131. [\[Nachweis im GBV\]](#)
- Kai-Christian Bruhn / Fredie Kern / Frithjof Schwartz: Spatial Humanities – Eine neue Forschungsdisziplin. In: *gis.Business* 1 (2014), S. 53–55. [\[Nachweis im GBV\]](#)
- John Corrigan: Qualitative GIS and Emergent Semantics. In: The Spatial Humanities: GIS and the Future of Humanities Scholarship. Hg. von David J. Bodenhamer / John Corrigan / Trevor M. Harris Bloomington 2010, S. 76–88. [\[Nachweis im OPAC\]](#)
- David L. Chatford Clark: Viewing the liturgy: a space syntax study of changing visibility and accessibility in the development of the Byzantine church in Jordan. In: *World Archeology* 39 (2007), H. 1, S. 84–104. DOI: 10.1080/00438240601148798. [\[Nachweis im GBV\]](#)
- Jörg Döring / Tristan Thielmann: Einleitung. Der *Spatial Turn* und das geheime Wissen der Geographen. In: *Spatial Turn: das Raumparadigma in den Kultur- und Sozialwissenschaften*. Hg. von Jörg Döring / Tristan Thielmann. Bielefeld 2009, S. 7–45. [\[Nachweis im OPAC\]](#)
- Kirstin Faupel-Dreves: Bildraum oder Kultraum? Symbolische und liturgische Raumgestaltung im Rationale *divinorum officiorum* des Durandus von Mende. In: *Raum und Raumvorstellungen im Mittelalter*. Hg. von Jan Aertens / Andreas Speer. Berlin 1998, S. 665–684. [\[Nachweis im OPAC\]](#)
- Rüdiger Fuchs: Die Inschriften der Stadt Worms. Gesammelt und bearbeitet von Rüdiger Fuchs. Wiesbaden 1991 (= Die Deutschen Inschriften, Bd. 29). [\[Nachweis im OPAC\]](#)
- Julia Ganitseva / Kai-Christian Bruhn / Fredie Kern / Martin Unold: Outlook on TLS - based 3D Building Modeling. In: *Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik*. Hg. von Thomas Luhmann / Christina Müller. Heidelberg 2014, S. 224–233. [\[Nachweis im GBV\]](#)
- Colin Gordon: Mapping Decline: St. Louis and the fate of the American city. Philadelphia 2008. [\[Nachweis im GBV\]](#)
- Sam Griffiths: The Use of Space Syntax in Historical Research: current practice and future possibilities. In: Proceedings of the Eighth International Space Syntax Symposium. Santiago 2012. [\[online\]](#).
- Sven Havemann / Volker Settgest / Rene Berndt: The Arrigo Showcase Reloaded – Towards a Sustainable Link between 3D and Semantics. In: *ACM Journal for Computing in Cultural Heritage* 2 (2009), H. 1, Artikel Nr. 4 [unpag.]. DOI 10.1145/1551676.1551679.
- Hubert Herkommer: Heiliges Antlitz und heiliges Maß: Zu Aussehen und Größe des Menschensohnes. In: *Das Heilige Grab, das Heilige Kreuz und die Wahre Länge Christi*. Schwäbisch Gmünd 2008 (= Katalogreihe Museum im Prediger, Bd. 35), S. 67–105. [\[Nachweis im GBV\]](#)
- Sorin Hermon: Reasoning in 3D: a critical appraisal of the role of 3D modelling and virtual reconstructions in archaeology. In: *Beyond Illustration: 2D and 3D Digital Technologies as Tools for Discovery in Archaeology*. Hg. von Bernard Frischer / Anastasia Dakouri-Hild. Oxford 2008, S. 35–44. [\[Nachweis im GBV\]](#)
- Annika Hinze / Ralf Heese / Markus Luczak-Rösch / Adrian Paschke: Semantic enrichment by non-experts: usability of manual annotation tools. In: Proceedings of the 11th international conference on The Semantic Web. Part I. Berlin, Heidelberg 2012, S. 165–181. [\[Nachweis im GBV\]](#)
- Werner Jacobsen: Organisationsformen des Sanktuariums im spätantiken und mittelalterlichen Kirchenbau. Wechselwirkungen von Altarraum und Liturgie aus kunsthistorischer Perspektive. In: *Kölnische Liturgie und ihre Geschichte. Studien zur interdisziplinären Erforschung des Gottesdienstes im Erzbistum Köln*. Hg. von Albert Gerhards / Andreas Odenthal. Münster 2000 (= Liturgiewissenschaftliche Quellen und Forschungen, Bd. 87), S. 67–97. [\[Nachweis im GBV\]](#)
- Clemens Kosch: Zum Projekt einer zeichnerischen Veranschaulichung der sakralen "Binnentopographie" des Hochmittelalters in ehemaligen Konventkirchen Kölns: Methodische Überlegungen am Beispiel von St. Andreas. In: *Kölnische Liturgie und ihre Geschichte, Studien zur interdisziplinären Erforschung des Gottesdienstes im Erzbistum Köln*. Hg. von Albert Gerhards / Andreas Odenthal. Münster 2000, S. 127–142. [\[Nachweis im GBV\]](#)
- Astrid Krüger: Der Heilige im Raum. Bartholomäus-Liturgie und Bartholomäus-Darstellungen im Frankfurter Kaiserdom Sankt Bartholomäus. In: *Heilige, Liturgie, Raum*. Hg. von Dieter R. Bauer / Klaus Herbers / Hedwig Röckelein / Felicitas Schmieder. Stuttgart 2010 (= Beiträge zur Hagiographie, Bd. 8), S. 137–153. [\[Nachweis im OPAC\]](#)
- Dominik Maschek / Michael Schneyder / Marcel Tschanner: Virtual 3D reconstructions – benefit or danger for modern archaeology? Workshop-Paper: 14. Workshop »Cultural Heritage and New Technologies«, 16.–18. November 2009, Wien. [\[online\]](#)
- Sabrina Müller: Die Inschriften der katholischen Pfarrkirchen Unserer Lieben Frau in Oberwesel. Inschriften Mittelrhein-Hunsrück 1: Oberwesel, Liebfrauenkirche. Mainz 2008. [\[Nachweis im GBV\]](#)

Hanns Peter Neuheuser: *Ne lapidum materia apparentium locus vilesceret*. Die Raumvorstellung des Abtes Suger in seiner Kirchweihbeschreibung von St. Denis. In: Raum und Raumvorstellungen im Mittelalter. Hg. von Jan Aertsen / Andreas Speer. Berlin 1998, S. 641–64. [\[Nachweis im OPAC\]](#)

Hanns Peter Neuheuser: Liturgische Raumerschließung und Heiligenverehrung. In: Heilige, Liturgie, Raum. Hg. von Dieter R. Bauer / Klaus Herbers / Hedwig Röckelein / Felicitas Schmieder. Stuttgart 2010, S. 183–216. [\[Nachweis im OPAC\]](#)

Eberhard Josef Nikitsch: Ein Kirchenbau zwischen Bischof und Stadtgemeinde. Zur angeblich verlorenen Bauinschrift von 1308 in der Liebfrauenkirche zu Oberwesel am Rhein, in: Jahrbuch der Westdeutschen Landesgeschichte 22 (1996), S. 95–112. [\[Nachweis im OPAC\]](#)

Eberhard Josef Nikitsch: Die Inschriften des Rhein-Hunsrück-Kreises I. Wiesbaden 2004 (= Die Deutschen Inschriften, Bd. 60). [\[Nachweis im OPAC\]](#)

Michele Nucci / Marco Grassi / Christian Morbidoni / Francesco Piazza: Enriching Digital Libraries Contents with SemLib Semantic Annotation System. Proceedings of the Digital Humanities 2012 Conference. Hamburg 2012, S. 303–306. [\[Nachweis im GBV\]](#)

Eleftheria Paliou: Visibility analysis in 3D spaces: a new dimension to the understanding of social space. In: Spatial analysis and social spaces: interdisciplinary approaches to the interpretation of prehistoric and historic built environments. Topoi. Berlin Studies of the Ancient World. Hg. von Eleftheria Paliou / Undine Lieberwirth / Silvia Polla. Berlin 2014, S. 91–113. [\[Nachweis im GBV\]](#)

Kees van der Ploeg: Art, architecture and liturgy: Siena cathedral in the Middle Ages. Groningen 1993. [\[Nachweis im GBV\]](#)

Marie Saldana: An integrated approach to the procedural modeling of ancient cities and buildings. In: Digital Humanities 2014. Book of Abstracts. Lausanne 2014, S. 351–53. [\[online\]](#)

Michael Viktor Schwarz: Kathedralen zu verstehen. In: Virtuelle Räume. Raumwahrnehmung und Raumvorstellung im Mittelalter. Akten des 10. Symposiums des Mediävistenverbandes, Krems 24.–26. März 2003. Hg. von Elisabeth Vavra. Berlin 2005, S. 47–68. [\[Nachweis im OPAC\]](#)

Frithjof Schwartz: Inschriften im Bezugssystem des Raumes. Forschungsansatz und Verortung im wissenschaftlichen Spektrum. Referenzobjekt und Fallstudien. Projektskizze 2014, unpag. [\[online\]](#)

Frithjof Schwartz: Visuelle Bezüge im Raum. Analyse von Sichtachsen in der Liebfrauenkirche in Oberwesel. In: Zeitschrift für Kunstgeschichte. [in Vorbereitung]

Tim Williams: The Silk Roads: An ICOMOS Thematic Study, Charenton-le-Pont 2014. [online](#)

Michael Wimmer / Claus Scheiblauber: »Instant points: Fast rendering of unprocessed point clouds«. In: Proceedings of the Eurographics Symposium on Point-Based Graphics. Hg. von Mario Botsch / Christine Chen. Zürich 2006, S. 129–136. [\[Nachweis im GBV\]](#)

## Abbildungslegenden und -nachweise

Abb. 1: Markierung einer Geometrie im GenericViewer. Quelle: Martin Unold, i3mainz.

Abb. 2: Klassifizierung. Quelle: Martin Unold, i3mainz.

Abb. 3: Abfrage des Triple Stores nach Geometrien. Quelle: Martin Unold, i3mainz.

Abb. 4: Anzeige der Abfrage im Panoramabild. Quelle: Martin Unold, i3mainz.

Abb. 5: Viewshed-Analyse für die Lesbarkeit der Bauinschrift. Rötliche Farbtöne signalisieren eine geringe Zahl lesbarer Buchstaben vom jeweiligen Standpunkt, grüne Farbtöne eine hohe Zahl. Quelle: i3mainz / Julia Ganitseva.

Abb. 6: Viewshed-Analyse für die Lokalisierung des Lutern-Epitaphs mit Sichtfeldern der Grabfigur. Quelle: i3mainz / Julia Ganitseva.