

# **Geodateninfrastrukturen im historisch-geographischen Kontext – Buddhistische Steinschriften in der Provinz Sichuan/China**

Sandra LANIG, Bernhard HÖFLE, Michael AUER, Arne SCHILLING, Hannah DEIERLING, Alexander ZIPF

Universität Heidelberg, Geographisches Institut, Lehrstuhl für Geoinformatik  
{lanig, hoefle, auer, schilling, deierling, zipf}@uni-heidelberg.de

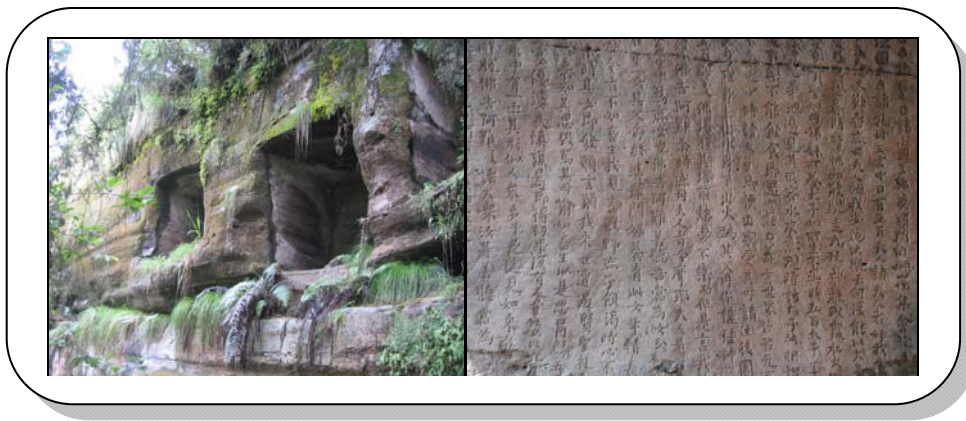
## **Zusammenfassung**

Über die gesamte Provinz Sichuan (China) verteilt existieren in Stein gemeißelte buddhistische Felsinschriften (Sutren) aus dem 8. bis 12. Jahrhundert. Bisher erfolgte die Dokumentation und Reproduktion der Oberflächentextur der Inschriften durch einfaches abpausen auf Papier (Rubbing). Innovative Methoden aus dem *terrestrischen Laserscanning* (TLS) ermöglichen es jedoch diese Daten sowohl digital als auch *dreidimensional* (3D) zu erfassen und hochgenaue 3D Modelle abzuleiten. Dieser Beitrag stellt ein Konzept zur Integration der buddhistischen Inschriften in eine offene standardisierte *Geodateninfrastruktur* (GDI) im archäologischen, kunsthistorischen und sprachwissenschaftlichen Kontext unter Verwendung der *Open Geospatial Consortium* (OGC) *Web Service* (OWS) Standards vor. Ziel ist es die akquirierten geisteswissenschaftlichen Daten, die in einer XML-Datenbank vorgehalten werden, in einem interdisziplinären Web-basierten *Geoinformationssystem* (GIS) mit entsprechendem Zeit- und Raumbezug zusammenzuführen. Dies erfolgt in einer gemeinsamen Architektur in Form eines Web-Atlas für gescannte Sutrentexte aus China sowohl in der zweiten als auch in der dritten Dimension.

## **1 Einführung**

Auf dem asiatischen Kontinent basierte der Buddhismus sowohl auf den aufgezeichneten Worten (Sutren) als auch auf Statuen und Bilder des Buddhas. In der zweiten Hälfte des 6. Jahrhunderts begannen chinesische buddhistische Mönche die heiligen Schriften verstärkt in Felswände zu meißeln (WENZEL 2007). Über die gesamte Provinz Sichuan (China) verteilt existieren aus dem 8. bis 12. Jahrhundert in Stein gemeißelte buddhistische Felsinschriften (Abb. 1). Insbesondere im chinesischen Raum wirft diese bisher nur wenig untersuchte bedeutende Gruppe von Steininschriften ein neues Licht auf die Historie des chinesischen Buddhismus und auf seine Anpassung an die chinesische Kultur (Sinisierung). Über 1.500 Jahre erfolgte die Konservierung, Dokumentation und Reproduktion der Oberflächentextur der buddhistischen Inschriften durch sogenannte Rubbings (LEDDEROSE 1981). Durch das Aufdrücken von dünnen, nassen Papierstücken auf die in Stein gemeißelten Inschriften und dem vorsichtigen Einfärben der Oberfläche wurde eine Kopie des Originaltextes durch einfaches abpausen auf Papier angefertigt. Mittels dieser analogen Rubbings

konnten die Lehren Buddhas leicht transportiert und verbreitet werden. Aufgrund der fortschreitenden Verwitterung der Felsinschriften und den Abrieb bei der Erstellung der Rubbings können diese jedoch nur bedingt für die Sicherung dieses Datenschatzes genutzt werden. Für eine permanente Konservierung der steinernen Sutren sind neue innovative Erfassungsmethoden nötig. Eine Möglichkeit für eine kontaktlose Archivierung der Sutrentexte bietet hier das *terrestrischen Laserscanning* (TLS), welches die Daten als 3D-Punktwolke (x, y, z) digital erfasst. Im Rahmen von mehreren Messkampagnen wurden die Steininschriften mittels hochpräziser Messverfahren durch die Projektpartner der Fachhochschule Mainz (i3mainz) aufgezeichnet und im Anschluss zu 3D Modellen weiterverarbeitet. Die Punktdichte des Laserscans hängt von der Größe der Schriftzeichen ab. Ein Schriftzeichen hat eine Abmessung von ca. 1 cm<sup>2</sup>, eine buddhistische Steininschrift umfasst ca. 3x4 m. Aufgrund dessen wurde mit einer lateralen Auflösung von 0,25 mm gescannt, was eine Punktmenge von ca. 1.500 bis 2.500 Punkten pro Einzelzeichen und eine Datenmenge von ca. 4,32 GB für einen 4 m<sup>2</sup> Laserscan ergibt (SCHMIDT 2010).



**Abb. 1:** Sutren als Felsinschriften in Höhlen in Wofoyuan (Provinz Sichuan/China, Aufnahme: 2009)

Um diese Informationen nachhaltig verfügbar zu machen, erfolgt die Integration aller Daten in eine *Geodateninfrastruktur* (GDI). Im Rahmen dieser GDI erfolgt die Visualisierung, der Austausch als auch die Analyse der buddhistischen Inschriften. Dabei werden zur Visualisierung 2D als auch 3D Standards des *Open Geospatial Consortium* (OGC) eingesetzt. Um die Laserscannerdaten als auch regionalen Beziehungen untersuchen zu können erfolgt die Implementierung von Geoprozessierungswerkzeugen. Die historischen Daten werden in Datenbanken gespeichert und über standardkonforme Schnittstellen bereitgestellt. Ziel ist es die geisteswissenschaftlichen Daten in einem interdisziplinären Web-basierten Geoinformationssystem mit Zeit- und Raumbezug sowohl in der zweiten als auch in der dritten Dimension in einer gemeinsamen Architektur zusammenzuführen. Eingebettet in eine Web-Atlas Infrastruktur können die geisteswissenschaftlichen Daten verwaltet, analysiert und visualisiert und archäologisch-kunsthistorische Erkenntnisse publiziert werden.

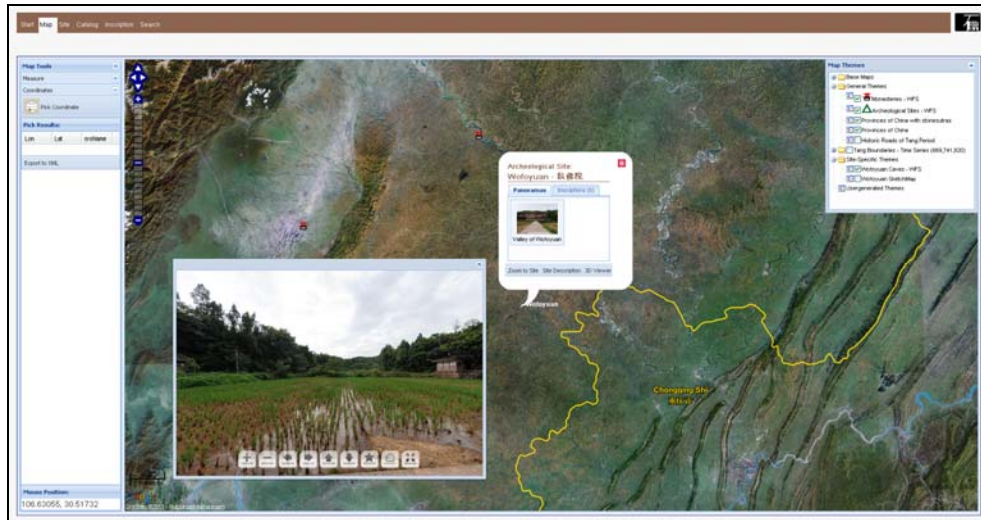
## 2 Historischer Web Atlas für gescannte Sutratexte

Das Internet bietet eine ideale Schnittstelle für den Austausch von Informationen. Im Rahmen einer GDI kann zwar ein Geoinformationsaustausch stattfinden, jedoch ist dies im Hinblick auf die komplexe Fragestellung im Rahmen des Projektes unzulänglich. Aufgrund dessen wurde ein interaktiver Web Atlas als Informations- und Analysewerkzeug für gescannte Sutrentexte in China implementiert. Der *Sutren Web Atlas* (SWA) ist über die Stonesutras Webseite zugänglich und bietet, neben den rein textuellen Beschreibungen und einem Metadatenkatalog der Texte aller Felsinschriften der einzelnen Fundstädten (*Site*), ein Lese- und Suchwerkzeug für die Erkundung der Felsinschriften sowie eine Sammlung von digitalen 2D und 3D Karten mit 360°-Panoramen, annotierten Bildern und GIS-Funktionalitäten wie z.B. das Messen, Suchen und Analysieren von Geodaten an.

### 2.1 2D Multimedia Client

Die 2D Karten-Komponente (Abb. 2) spielt eine zentrale Rolle in der Webseitennavigation. Sie dient zum einen als Einstiegspunkt für den Endnutzer, der die buddhistischen Steinsutren von China geographisch über eine Karte erkundet und zum anderen als Schnittstelle, um durch die Webseiten zu navigieren. Ziel ist es, einen flexiblen Zugriff über die 2D Karte auf Texte und 3D-Ansichten und umgekehrt zu ermöglichen. Die Visualisierungskomponente basiert auf standardisierten OGC *Web Services* (OWS). Der 2D Client greift für die Visualisierung der Karte auf einen OGC *Web Map Service* (WMS) zu. Die Client Applikation basiert auf der Open Source JavaScript Bibliothek *OpenLayers* (<http://openlayers.org>). Die Nutzerschnittstelle wie die zusammenklappbaren Werkzeulemente, Zeitschieber, Schaltflächen, etc. wurden mittels der ExtJS Bibliothek implementiert. Einige spezielle Bereiche der Nutzerschnittstelle, wie der Ebenenbaum, wurden mittels der JavaScript Bibliothek *GeoExt* realisiert (AUER ET AL. 2011). Der 2D Client beinhaltet eine Karte, um sich einen Überblick über die geographischen Gegebenheiten, die archäologischen Fundorte der Inschriften, die historische Infrastruktur (Wegenetz) sowie Tempelanlagen und zeitabhängige Informationen über die Ära der Tang-Dynastie von 669 bis 820 AD sowie deren Territorialgrenzen in den einzelnen Epochen und die Wanderschaft buddhistischer Mönche im Zusammenhang mit den Sutren und den Provinzen der entsprechenden Zeit zu verschaffen. Neben einem ersten Überblick ermöglicht die 2D Karte die Abfrage von Detailinformationen über die unterschiedlichen Felsinschriften. Zusätzlich wurden zu jeder Höhle mit Texten ein Panoramafoto aufgenommen und Photographien der Felswände annotiert, so dass die Absätze der Sutrentexte an der Höhlenwand ersichtlich werden. Eine der größten Sites für heilige Steininschriften im Untersuchungsgebiet in der chinesischen Provinz Sichuan befindet sich in Wofoyuan im Bezirk Anyue. Die Site umfasst insgesamt 125 tempelartige Höhlen, offene Nischen mit Felsbildern und Strukturen in unterschiedlichen Stadien zu beiden Seiten des Ost-West verlaufenden Tales mit ca. 250 m Länge (LEE 2006). Die 2D Karte bietet für Wofoyuan einen Übersichtsplan über alle Höhlen, ihre Funktionen und der Status ihrer Fertigstellung. Zusätzliche Informationen sind zu jeder Text-Höhle über Flash-Panoramas und annotierte Bilder verlinkt. Für die Kartennavigation sind zusätzliche Analysewerkzeuge wie z.B. das Messen von Distanzen und Flächen oder das Abgreifen von Koordinaten und den Export in XML Dokument möglich.

Um räumliche Strukturen und Verhältnisse sowie Beziehungen in der Entstehungszeit der buddhistischen Inschriften besser herauszuarbeiten wurden Geodaten wie z.B. ein großräumiges *digitales Geländemodell* (DGM) auf Basis des SRTM-Datensatzes (*Shuttle Radar Topography Mission*) und ein DGM für Wofoyuan basierend auf den 10 m Höhenlinien der topographischen Karte erstellt. Eine besondere Herausforderung stellte die Akquirierung der räumlichen Daten hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit, zeitlichen Auflösung und Genauigkeit dar, da diese historisch nur wenig dokumentiert wurden und schwer zugänglich sind.



**Abb. 2:** Screenshot des 2D WebClient mit Site-Beschreibung und 360° Panorama View

## 2.2 Virtueller 3D Client

Für die 3D Visualisierung liefert der OGC W3DS (SCHILLING ET AL. 2010) eine aufbereitete 3D-Szene im VRML Datenformat an den 3D-Client. In ersten Tests wurden sowohl ein Geländemodell für Sichuan auf Basis der SRTM-Daten, als auch TLS-Daten des Talabschnittes mit dem Großteil der Höhlen von Wofoyuan eingebunden (siehe Abb. 3). Der W3DS-Client *XNavigator* wurde entsprechend der Anforderungen angepasst, so dass er nicht nur als Java Web-Start-Anwendung, sondern auch als Applet in eine Web-Anwendung eingebunden werden kann (<http://koenigstuhl.geog.uni-heidelberg.de/xnaviwiki/doku.php>). Hierfür wird ein *External Authoring Interface* (EAI) bereitgestellt, um auf Funktionen des Applets zugreifen zu können. Beispielsweise kann eine bestimmte Position angesteuert oder zwischen Drahtgittermodell und texturierter Darstellung gewechselt werden. Unter Verwendung des freien Navigationsmodus können Nutzer zu jeder bevorzugten Position fliegen.

Eine Herausforderung sind die riesigen Datenmengen, die bei TLS anfallen. In diesem Fall wurden die beiden gegenüberliegende Talseiten der Anlage in Wofoyuan und ein liegender Buddha mit ca. 25 m Länge bei einer Scanauflösung im Zentimeterbereich aufgenommen. Um nicht nur auf Workstations mit den Daten arbeiten zu können, sondern sie auch interaktiv über Webanwendungen zugänglich zu machen, bedarf es einer automatischen Aufberei-

tung des Modells. Für die 3D Visualisierung wird ein hierarchisches *Level of Detail* (LOD) Konzept für räumliche Daten eingesetzt. Normalerweise erfolgt die Aufarbeitung räumlicher Daten unter der Annahme, dass einzelne Objekte (z. B. Gebäude, Stadtmöblierung) eine handhabbare Größe bzw. Detailliertheit aufweisen. TLS-Daten von großflächigen Steinmonumenten weisen jedoch per se keine Stratifizierung in einzelne Objekte auf. Deshalb wurde das Gesamtmodell verarbeitet und davon mehrere Generalisierungsstufen mit unterschiedlicher Auflösung unter Verwendung von Mesh-Reduction Verfahren abgeleitet. Jede Generalisierungsstufe wurde zudem in einem automatischen Verfahren räumlich segmentiert und in gleich große Einheiten (*Kacheln*) unterteilt. Diese Kacheln können vom 3D Viewer einzeln heruntergeladen und wieder zu einem Gesamtmodell kombiniert werden, was als blockbasiertes Streaming bezeichnet wird. In Abhängigkeit der Entfernung zum Betrachter und des Sichtfeldes erfolgt auch die Auswahl der Kachelgrößen bzw. LOD. Auf diese Weise kann die Größe der Daten, die vom Server heruntergeladen und angezeigt werden, optimiert werden.



**Abb. 3** Auszug aus einer 3D VRML Szene des liegenden Buddhas (Wofoyuan)

Als Eingabe für den Kachelalgorithmus dienen beliebige 3D-Modelle, die trianguliert oder in Quads, die sich wiederum in zwei weitere Dreiecke gliedern, unterteilt vorliegen. Der Algorithmus ist dazu in der Lage, Shape-Dateien in beliebige gleichgroße Boxen zu zerschneiden. Um gültige Eingabedaten für den XNavigator zu erzeugen, wird die y-Ausdehnung der Box in diesem Fall auf die maximale y-Ausdehnung der Shapes gesetzt und anschließend ignoriert. Für die Zerschneidung des ursprünglichen Shapes wird für jede Kachel zuerst geprüft, ob die Bounding Box des zu zerschneidenden Shapes sich mit der Box der Kachel schneidet. Schneidet das Shape die Kachelbox, so wird für jedes Dreieck der Schnittpunkt ermittelt. Befinden sich alle drei Knoten des Dreiecks im Inneren der Box, wird das Dreieck unverändert in die neue Menge der Ergebnisdreiecke übernommen. Andernfalls werden sowohl der Schnitt der drei Dreieckskanten mit den sechs Boxseiten, wie

auch der Schnitt der zwölf Boxkanten mit der Dreiecksfläche errechnet. Die resultierende Punktmenge muss sich wieder in einer 2D Ebene befinden und neu trianguliert werden. Durch orthogonale Projektion der Punkte auf zwei beliebige Kanten des Dreiecks wird ein neues 2D-Koordinatensystem erzeugt. Durch Mitführen der Indizes der ursprünglichen Punkte ist eine Übertragung in 3D ohne weitere Projektion möglich. Da sowohl die Box, wie auch das Dreieck konvex sind, muss der Schnitt beider auch konvex sein. Zur Ermittlung der konvexen Hülle wurde eine Implementierung des Graham Scans (GRAHAM 1972) verwendet. Die restlichen Kanten ergeben sich durch simple Triangulierung des konvexen Polygons.

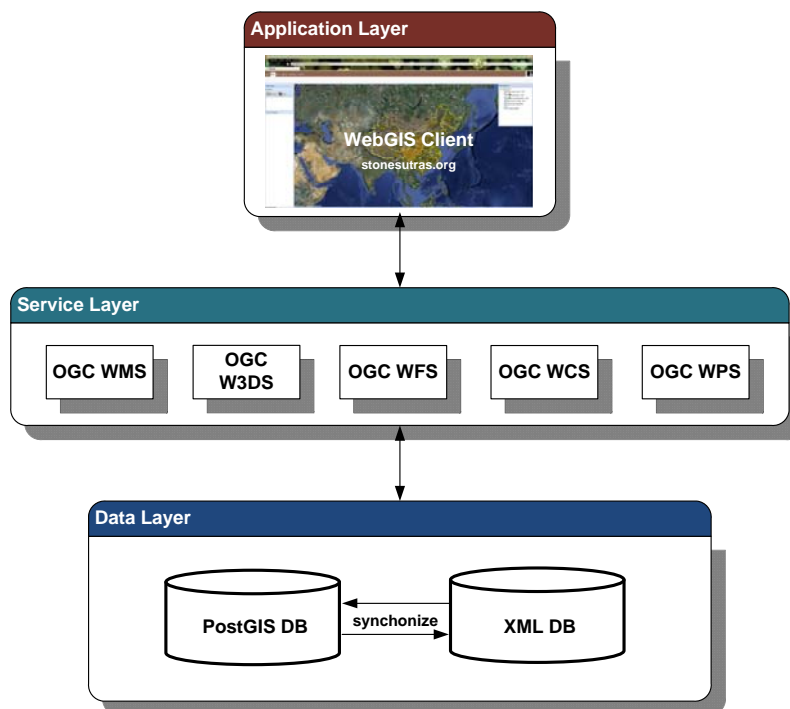
### 3 Geodateninfrastrukturen in kunsthistorischem Umfeld

Im kulturhistorischen Umfeld wurden bisher Geodaten hauptsächlich analog in Form von Karten und Rubbings oder eingescannten Unterlagen, jedoch nicht georeferenziert und in offenen Formaten, vorgehalten. Um diese Datensätze sowohl nachhaltig als auch interoperabel zugreifbar zu machen und in einem räumlichen Kontext zu nutzen, erfolgt die Integration in eine offene und standardkonforme Geodateninfrastruktur. Eine GDI basiert technisch auf standardisierten Web-Diensten. Das OGC bietet ein Sammelsurium von weit verbreiteten und akzeptierten Standards für Web-Dienste die den Aufbau einer offenen, standardisierten und damit nachhaltigen GDI ermöglichen. Die Standardisierungsbemühungen des OGC konzentrieren sich hauptsächlich auf die Entwicklung von Schnittstellenspezifikationen zur Verwaltung von Vektor- (*Web Feature Service*, WFS) und Rasterdaten (*Web Coverage Service*, WCS), zur Datenanalyse (*Web Processing Service*, WPS) und zur Visualisierung von 2D- (*Web Map Service*, WMS) aber auch von 3D-Daten (*Web 3D Service*, W3DS). Ein Katalogdienst (*Catalogue Service-Web*, CS-W) verwaltet die angereicherten Metadaten der Datenbestände und entsprechenden Dienste.

#### 3.1 Einbindung der historischen XML-Datenbank in eine GDI

Eine Herausforderung die im Rahmen des Projektes zu bewältigen war, war die nachhaltige Integration der existierenden digitalen historischen Daten der buddhistischen Inschriften, die in einer XML-Datenbank vorgehalten werden, in eine offene standardkonforme GDI. Die XML-Datenbank basiert auf den Metadatenstandards der *Text Encodierung Initiative* (TEI) für elektronische Kodierung, Strukturierung und Austausch von geisteswissenschaftlichen Texten. Zur Speicherung der Daten wird die *Open Source* (OS) XML Datenbank eXist zusammen mit XML-Standards wie XQuery, XPath oder XSLT für die Prozessierung genutzt. Der Datenimport erfolgt direkt in die Datenbank über einen WebDAV-fähigen Editor oder einem Onlineformular (ARNOLD 2008). Inhalt der XML-Datenbank sind textuelle wissenschaftliche Ergebnisse, Abschriften, Katalogmetadaten der Inschriften, Kontextdaten über Inschriften der Sites und Höhlen usw. Jedes XML-Dokument ist in Form eine geographische Koordinate geokodiert. Dies ermöglicht eine räumliche Verknüpfung und damit die Möglichkeit für räumliche Analysen und der Visualisierung der gespeicherten Informationen. Da jedoch die Dokumente in keinem gewöhnlichen Geo-Standardformat vorliegen, können diese nicht unmittelbar in OGC Diensten genutzt werden. Um zum einen die herkömmlichen und bewährten Strukturen der XML Datenbank weiterhin zu nutzen, jedoch ebenfalls ein standardisierter Zugriff auf die Daten im Rahmen einer GDI zu ermöglichen, muss ein Zwischenschritt erfolgen. Sobald eine Änderung in der XML Datenbank

erfolgt soll automatisiert ein Abgleich mit der räumlichen Geo-Datenbank PostgreSQL/PostGIS erfolgen (Abb. 4). Aus der XML Datenbank werden dabei Simple Features in die Geo-Datenbank importiert. Basierend auf dieser Datenquelle kann der WebClient auf die historischen Daten über die standardisierten OWS Schnittstellen zugreifen. Dieser Ansatz erlaubt es neue XML-Daten über herkömmlichen gewohnten Weg in die Datenbank einzuspeisen und gleichzeitig automatisch mit der PostGIS Datenbank die neuen historischen Daten zu synchronisieren und automatisiert im 2D Client zu visualisieren. Die historischen Daten die über die standardkonforme Schnittstellen des WFS/WCS bereitgestellt und durch den WMS visualisiert werden, werden über die Open Source Software Geoserver implementiert.



**Abb. 4:** Übersicht über die 3D SUTREN GDI-Architektur

### 3.2 Interaktiver Analyse-Werkzeugkasten für Historiker

Der durch das OGC spezifizierte WPS (SCHUT 2007) ist noch eine sehr junge Spezifikation und behandelt die Prozessierung und Analyse von Geodaten. Um die Laserscannerdaten als auch die regionalen Beziehungen untersuchen zu können, wurde mittels OGC WPS funktionale Analyseeinheiten (Prozesse) für die Belange der kulturhistorischen Daten implementiert. Hierfür wurden verschiedene WPS Frameworks verwendet.

Bei der Erfassung der Sutren mit Hilfe von terrestrischen Laserscannern fallen sehr große Datenmengen (Punktwolken) an. Herkömmliche Geographische Informationssysteme stoßen bei der Prozessierung der massiven 3D Rohdaten oftmals an ihre Grenzen. Abhilfe schafft hierbei die Prozessierung der TLS-Daten auf einem leistungsfähigen Server in einer GDI mit Hilfe eines WPS. Im Hinblick auf die Verarbeitung von Laserscannerdaten und die Einbindung in einer GDI erfolgten erste Untersuchungen. Mittels morphologischer, geometrischer und bildgestützter *Merkmalsanalysen* wurde die Interpretation und Lesbarkeit der buddhistischen Inschriften verbessert. Exemplarisch wurden zur grafischen Aufbereitung der 3D Felsinschriften WPS Prozesse zur Berechnung der Phongnormalen und Schattierung und damit zur qualitativen Aufbereitung und besseren Darstellung der Sutren implementiert und zwar auf Basis des auf Java-basierten deegree Frameworks (FITZKE 2004).

Mit den vorliegenden räumlichen Daten wurde in einem ersten Schritt zunächst das Potenzial für archäologische Analysen im historisch-geographische Kontext evaluieren. Klassische Fragestellungen für Historiker sind beispielsweise:

- Welche Klöster sind von einem bestimmten Standpunkt aus sichtbar?
- Wie weit kam damals ein Mönch zu Fuß innerhalb 1h?
- Welche Routen haben die Mönche in Abhängigkeit des historischen Wegenetzes und den geographischen Gegebenheiten (z.B. Hangneigung, Flussbarrieren, ...) möglicherweise gewählt?
- Welcher Pfad wäre der "kostengünstigste" Pfad und welcher wurde gewählt?
- Welche Distanz und wie viele Höhenmeter wurden zurückgelegt?
- Welche weiteren Klöster liegen in einem Umkreis von 300km?

Daraus kristallisierten sich typische geographische Analysemöglichkeiten, die anhand der Wanderung eines Mönches basierend auf den Recherchen der Projektpartner der Heidelberger Akademie der Wissenschaften als interaktive Analyse-Werkzeugkiste für Historiker umgesetzt wurden. Neben einfachen Messfunktionen auf der Karte wurden regionale Analysen wie z.B. die Erstellung eines Geländeprofiles, die Untersuchung von Sichtbeziehung (Line of Sight und Viewshed) oder Erreichbarkeits- und Distanzkostenanalysen auf Basis des pyWPS umgesetzt. Diese Implementierung bietet die Möglichkeit sämtliche GRASS-Analysefunktionalitäten über eine in Python implementierte WPS Schnittstelle zu nutzen (Cepicky 2007). Es soll ein flexibler Web-Baukasten für historisch-geographische Analysen aufgebaut werden und als Web-Dienst zur Verfügung gestellt werden.

### 3.3 3D Portrayal Service

Im Unterschied zu anderen Portalen im kunsthistorischen oder archäologischen Kontext werden in diesem Projekt 3D Inhalte nicht nur als zusätzliche Multimedia-Komponente zur Darstellung einzelner Objekte eingebunden. Stattdessen werden Gelände- und Objektinformationen im Umkreis der Fundstätten über eine eigenständige Komponente (W3DS) mit in die GDI aufgenommen. Der Vorteil liegt zum einen darin, ein effizientes Streaming von komplexen Landschaften zu ermöglichen, zum anderen in der durchgehenden Georeferenzierung, die eine Überlagerung mit anderen Geodaten erlaubt. Der W3DS (<http://www.w3ds.org>) funktioniert als *3D Portrayal Service*, stellt also Ausschnitte von 3D Datensätzen zur Anzeige in einem Web-GIS bzw. Online-Portal, wie in diesem Fall, bereit. Einzelne Informationsebenen lassen sich ein- und ausblenden. Der Datenaustausch mit dem 3D Web-Client erfolgt über Standard-Formate (X3D/VRML). Ähnlich wie bei einem WMS



bietet auch der W3DS die Möglichkeit, weitere Informationen über einzelne Objekte abzufragen. Über eine Positionsabfrage (Mausklick) und den übermittelten Koordinaten wird aus der W3DS Datenbank eine Liste der verfügbaren Attribute erzeugt und in Web-Client angezeigt. Desweiteren erlaubt die Georeferenzierung eine Überlagerung beliebiger 3D Modelle mit Luft- und Satellitenbildern. Für dieses Projekt wurde ein Satellitenbild in einen WMS integriert. Durch die Kachelung wie weiter oben beschrieben lässt sich nun das Satellitenbild sehr einfach überlagern. Dazu wird für jede Kachel vom W3DS ein WMS GetMap Request mit übereinstimmenden Koordinaten erzeugt als Textur-URL eingebunden.

## 4 Zusammenfassung & Ausblick

Die Zusammenarbeit zwischen Geistes- und Geowissenschaften bietet einen neuen Blickwinkel für die Integration und Nutzung von Geodateninfrastrukturen im historisch-geographischen Kontext. Eine Herausforderung besteht in der Integration existierender nicht-räumlicher Dateninfrastrukturen wie die XML-Datenbank in eine zentrale standardisierte GDI. Durch die Zusammenführung und Verortung der buddhistischen Steininschriften in eine GDI ist eine nachhaltige und interoperable Kooperation mit anderen Systemen über die Projektlaufzeit hinaus gelungen. Die kulturhistorischen Daten können über bekannte Benutzerschnittstellen in die XML-Datenbank eingepflegt werden, ohne dass GIS-Expertenwissen nötig ist. Gleichzeitig werden diese Daten automatisch synchronisiert und über Standarddienste dem Client zur Verfügung gestellt. Durch die Anreicherung des herkömmlichen Text-basierten Systems mit GIS-Komponenten erfolgt die Erweiterung um die räumliche Komponente sowohl in der zweiten als auch in der dritten Dimension. Multimediaobjekte, wie 360°-Panoramen oder 3D Visualisierungskomponenten simulieren realistische Eindrücke für historisch wichtige Felsinschriften der Sites. Darüber hinaus kann die implementierte Geoprozessierungsplattform genutzt werden, um verschiedene Analysefunktionalitäten über den Web-Client anzubieten. Insgesamt bietet die Atlas-Plattform eine Integration von GIS-Komponenten in klassische Text-basierte Analysetechniken der Geisteswissenschaften.

Der Sutren Web Atlas stellt den ersten Schritt im archäologisch-kunsthistorischen Kontext für die Integration geographischer Informationen über standardisierte Web-Dienste dar. Dieses Forschungsfeld birgt großes Potenzial für die Realisierung zukünftiger geisteswissenschaftlicher Untersuchungen mit Raumbezug. Neben der Nutzung standardkonformer Geodateninfrastrukturen für die Visualisierung und den Zugriff auf Geoinformationen gilt es jedoch den Bereich der interaktiven Analysen, insbesondere innerhalb der archäologischen Domäne, weiter auszubauen. Unter Verwendung standardisierter Dienste, wie dem OGC WPS, ist es möglich ein eigenes Profil als domänenspezifisches Applikation Profile mit einer entsprechenden semantischen Annotation und Ontologie zu entwickeln. Ein weiteres Forschungsfeld ist der Umgang mit sehr hochvolumigen 3D Geodaten, wie beispielsweise aus dem TLS, im Rahmen einer GDI (LANIG 2009). Auch hier gilt es über neue Ansätze wie beispielsweise das Transportieren von Analysewerkzeugen anstelle von Geodaten nachzudenken. Vor diesem Hintergrund gilt es möglichst generische Konzepte in einer neuen Anwendungsdomäne adaptiv weiterzuentwickeln, um die Übertragbarkeit und Nachhaltigkeit zu gewährleisten.

## Acknowledgements

Diese Arbeit wird durch das „Bundesministerium für Bildung und Forschung“ (BMBF) Deutschland innerhalb der Forschungs- und Entwicklungsvorhaben mit Förderschwerpunkt „Wechselwirkungen zwischen Natur- und Geisteswissenschaften“ im Rahmen des Forschungsprojektes "3D-Sutren" gefördert. Dank gilt auch unseren Projektpartnern dem Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik der Fachhochschule Mainz (i3mainz) und dem Institut für Kunstgeschichte Ostasiens der Heidelberger Akademie der Wissenschaften.

## Literatur

- AUER, M., HÖFLE, B., LANIG, S., SCHILLING, A., ZIPF, A. (2011 submitted), 3D-Sutras: A web based atlas of laser scanned Buddhist stone inscriptions in China. – AGILE 2011. The 14th AGILE International Conference on Geographic Information Science. Association of Geographic Information Laboratories in Europe (AGILE). – Utrecht, Netherlands.
- ARNOLD, M. (2008), Buddhist Stone Scriptures From Shandong, China. – EVA 2008. Electronic Visualisation and the Arts. – London, UK.
- CEPICKY, J. & BECCHI, L. (2007), Geospatial Processing via Internet on Remote Servers – PyWPS. – In: OSGeo Journal 2007 Nr. 1, S. 39-42. – Web: <http://www.osgeo.org/journal/volume1> (30.01.2011).
- FITZKE, J., GREVE, K., MÜLLER, M. & POTH M. (2004), Building SDIs with Free Software - the degree Project. – In: Proceedings of GSDI- 7. – Bangalore, India.
- LANIG, S. & A. ZIPF (2009), Towards generalization processes of LiDAR data based on GRID and OGC Web Processing Services (WPS). – Geoinformatik 2009. – Osnabrück, Germany.
- LEE, S. S. (2006), The Buddha's Words at Cave Temples: Inscribed Scriptures in the Design of Wofoyuan. – In: *Ars Orientalis* Nr. 36, S. 36-76.
- LEDDEROSE, L. (1981), Rubbings in Art History. – In: Walravens, H. (Hrsg.) *Catalogue of Chinese Rubbings from Field Museum, Field Museum of Natural History, Chicago, USA. Fieldiana Anthropology New Series, vol. 3, pp. XXVIII-XXXVI* (1981).
- SCHILLING, A. & KOLBE, TH. H. (2010), OpenGIS® Web 3D Service, Draft for Candidate. – OGC Discussion Paper, OGC 09-104r1, Open Geospatial Consortium.
- SCHMIDT, N., SCHÜTZTE, R. & BOOCHS, F. (2010), 3D-Sutra – Interactive analysis tool for a web-atlas of scanned sutra inscriptions in china. ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.
- SCHUT, P. (2007), OpenGIS® Web Processing Service (WPS). – OGC Implementation Specification OGC 05-007r7, Open Geospatial Consortium.
- WENZEL, C. (2007): *Anikonik im chinesischen Mahāyāna-Buddhismus: Die Wahren Merkmale des Buddha.* – In: *Weltbild – Bildwelt. Ergebnisse und Beiträge des Internationalen Symposiums der Hermann und Marianne Straniak-Stiftung, Weingarten 2005.* Ed. by Walter Schweidler. Academia Verlag: Sankt Augustin 2007, S. 271-292.