

# Virtuelle Rekonstruktion historischer Objekte am Beispiel einer Gedenkstätte des nationalsozialistischen Terrors

Tobias Kirschke und Christian Wolff

## Zusammenfassung

Virtuelle Rekonstruktionen historischer Objekte sind eine herausfordernde wie auch lohnenswerte Möglichkeit zur Erstellung historisch korrekter Abbildungen. Sie bilden die Grundlage für eine moderne Repräsentation historischer Fakten und können gleichzeitig Aufschlüsse über vergangene Begebenheiten liefern bzw. für deren Validierung genutzt werden. In diesem Beitrag wird am Beispiel der virtuellen Rekonstruktion von historischen Gebäuden zur Zeit des nationalsozialistischen Terrors eine Methodik gezeigt, mit der eine virtuelle Rekonstruktion historischer Objekte möglich ist. Das erstellte 3D-Modell gibt der Gedenkstättenleitung die Möglichkeit, trotz fehlender historischer Bauten dem Besucher eine Vorstellung der ursprünglichen Bebauung des Konzentrationslagers Langenstein-Zwieberge zum Zeitpunkt der Befreiung 1945 vermitteln zu können.

## Summary

*Virtual reconstructions of historical objects are a challenging as well as worthwhile possibility to create historically correct illustrations. They form the basis for a modern representation of historical facts and at the same time provide information about past events or can be used for their validation. In this*

*article, using the example of the virtual reconstruction of historic buildings, at the time of National Socialist terror a methodology is shown with which a virtual reconstruction of historical objects is possible. The created 3D model gives the memorial administration the possibility to give the visitor an idea of the concentration camp Langenstein-Zwieberge at the time of the liberation in 1945 despite the lack of historical buildings.*

**Schlüsselwörter:** Virtuelle 3D-Rekonstruktion, historische Geodaten, Datenfusion, Geo- und Zeitreferenzierung, Visualisierung historischer Objekte

## 1 Hintergrund und Zielsetzung

Virtuelle Rekonstruktionen historischer Objekte bilden eine Möglichkeit zur Erstellung historisch korrekter Abbildungen und dienen als Grundlage für eine moderne Repräsentation historischer Fakten. Sie können gleichzeitig Aufschlüsse über vergangene Begebenheiten liefern bzw. für deren Validierung genutzt werden.

## 1.1 Fachlicher Hintergrund

Historische Objekte im Außenbereich, in der Regel Gebäude, sind stark dem Wandel der Zeit ausgesetzt. Durch Abriss, Verfall, Überbauung oder Vegetationsänderungen ist nach Jahrzehnten die ursprüngliche Bebauung vor Ort nur noch zu erahnen. Dies ist besonders bei historisch bedeutsamen Anlagen problematisch, da die Anwesenheit der Besucher am Ort des historischen Geschehens zwar einen stärkeren Bezug zur Geschichte schafft, die freien, gebäudelosen Flächen das Interesse der Besucher allerdings schwer wecken können. Bisherige Ansätze, wie Schautafeln oder einfache Holzmodelle, können nur noch wenig die Aufmerksamkeit der Besucher auf sich ziehen und vermitteln einen begrenzten Eindruck der ursprünglichen Verhältnisse vor Ort. Insbesondere komplexe Themen lassen sich so nur bedingt wiedergeben und vermitteln jeweils lediglich einen vordefinierten Teilespekt. Neuere Techniken, beispielsweise Virtual Reality oder Augmented Reality, bieten hier potenzielle Lösungen für diese Probleme. Laut Bryson (1993) bezieht sich Virtual Reality (Virtuelle Realität) auf den Gebrauch von dreidimensionalen Displays und Ein-/Ausgabegeräten zum Erkunden von in Echtzeit computergenerierten Umgebungen (Dörner et al. 2013). Broll (2013) gibt eine allgemeine Definition des Begriffs Augmented Reality. Demnach handelt es sich bei Augmented Reality (Augmentierte Realität) um »[...] eine (unmittelbare, interaktive und echtzeitfähige) Erweiterung der Wahrnehmung der realen Umgebung um virtuelle Inhalte (für beliebige Sinne), welche sich in ihrer Ausprägung und Anmutung soweit wie möglich an der Realität orientieren [...]« (Broll 2013). Als Grundlage hierfür dienen digitale 3D-Modelle, die es erlauben, diese interaktiven Informationsprodukte zu erstellen. Dabei ist vor allem bei pädagogisch orientierten Anwendungen, beispielsweise im Rahmen der politischen Bildung, die korrekte Vermittlung der historischen Fakten, auch bei einer stärker aufmerksamkeits-orientierten Ausrichtung der Informationsprodukte, wichtig.

Umso problematischer gestaltet sich die räumlich korrekte, virtuelle Rekonstruktion historischer Anlagen, wenn in der Örtlichkeit nur wenig Anhaltspunkte über den ursprünglichen Zustand vorhanden sind. Dabei bietet eine möglichst realitätsnahe Rekonstruktion neben dem direkten räumlichen Bezug die Möglichkeit, historische Berichte besser nachvollziehen und überprüfen zu können oder, wie bei Augmented Reality-Anwendungen, die verbliebenen, historischen Elemente mit den virtuellen Informationsprodukten zu kombinieren. Technisch sind die Möglichkeiten zur realitätsnahen, virtuellen Rekonstruktion stark vom vorhandenen Ausgangsmaterial, wie z.B. Ruinenresten bzw. ehemaligen Grundmauern vor Ort, Fotos, Berichten, Plänen usw. abhängig.

## 1.2 Historischer Hintergrund

Das in diesem Beitrag vorgestellte Praxisbeispiel stellt eine Herangehensweise zur Rekonstruktion historischer Objekte sowie die dabei auftretenden Herausforderungen am Beispiel des Konzentrationslagers Langenstein-Zwieberge dar. Nach der Befreiung am 11. April 1945 wurde das Lager teilweise abgerissen, auch um die Materialien



Abriss Verfall Überwuchs Überbauung  
Luftbild 10.04.1945 Luftbild 25.05.1953

**Abb. 1: Veränderung des Lagerbereichs.**

(Eigene Darstellung. Bildquellen: Stiftung Gedenkstätten Sachsen-Anhalt; Landesluftbildsammlung, © GeoBasis-DE/LVermGeo LSA, [2015, C24-6025809-2015-6])

wiederverwenden zu können, und insbesondere in den ersten Jahren dem weiteren Verfall überlassen. Abb. 1 zeigt schematisch die Veränderungen des Lagerbereichs und die äußeren Einflüsse.

Besonderes Augenmerk wurde in der Vergangenheit bei der historischen Aufarbeitung auf die dort überwiegend aus Holz errichteten Baracken gelegt. Diese Baracken sind als Erinnerungsstätte bis auf Ruinenreste oder im Nachhinein rekonstruierte Barackenteile nahezu vollkommen verschwunden. Auch anderenorts sind heutzutage nur noch Baracken erhalten geblieben, die längere Zeit nach dem Krieg weiter genutzt wurden oder aufgrund ihrer massiven Bauweise nicht verlagert werden konnten (Stahl 2015).

Nach Stahl (2015) wurden während des Zweiten Weltkrieges Holzbaracken, die sowohl als Wohn- oder Arbeitsquartiere dienten, zunehmend normiert. Hierzu gehören die Reichsarbeitsdienst-Baracken (RAD) und Baracken des Reichsluftfahrtministeriums (RLM). Für das Konzentrationslager Langenstein-Zwieberge ist aufgrund vorhandener Unterlagen der zahlenmäßige und typologische Bestand an Baracken teilweise bekannt. Der aktuelle Forschungsstand auf Basis vorhandener Bild- und Schriftquellen geht bei den über 30 Baracken von ca. zwei Dritteln vornehmlich von Holzbaracken der Typen RLM 501/34 und RAD IV und Subtypen aus. Bei den restlichen Objekten handelt es sich um Massivbaracken beispielsweise für Verwaltung, Küche oder Krankenrevier (Stahl 2015).

### 1.3 Zielsetzung und Aufgabenstellungen

Diese Informationen in Verbindung mit bekannten Maßangaben der Typenbaracken und weiteren vorhandenen Unterlagen ergeben erste Anhaltspunkte für eine mögliche, virtuelle Rekonstruktion des ehemaligen Lagerbereichs als Grundlage für neue Informationsprodukte. Ziel des Projekts ist daher eine auf den existierenden Informationen basierende, möglichst realitätsnahe, virtuelle Rekonstruktion des Lagers im Zustand zum Zeitpunkt der Befreiung 1945. Als Ergebnis sind ein Lageplan und ein 3D-Modell des Lagers zu erstellen.

Als einzelne Aufgabenstellungen ergeben sich daraus:

- Zusammentragen von Unterlagen zur Detektion der Lagergebäude,
- Sichtung der Unterlagen und Datenbestände,
- Beurteilung der Genauigkeit und Nutzbarkeit der Unterlagen,
- Detektion der Lagergebäude auf Basis der vorliegenden und auswertbaren Unterlagen sowie der verfügbaren Datenbestände,
- Darstellung der Gebäude in Form eines Lageplans,
- 3D-Visualisierung des Geländes inklusive Gebäude auf Basis der Unterlagen und Erkenntnissen insbesondere zu den Gebäuden,
- Abstimmung mit dem Auftraggeber hinsichtlich der Vollständigkeit der detektierten Gebäude und zur Integration der Ortskenntnis in die 3D-Visualisierung.

## 2 Methodisches Vorgehen

Die Möglichkeiten der realitätsnahen Rekonstruktion sind vom vorhandenen Ausgangsmaterial abhängig. Grundsätzlich muss anhand der Daten und Unterlagen ein lagerichtiges Abbild, hier ein zweidimensionaler Plan des Lagers, erstellt werden, auf dessen Basis ein korrektes dreidimensionales Abbild entsteht. Hierbei wird also durch Hinzunahme weiterer Informationen ein Modell im LOD3 (Level of Detail) abgeleitet (siehe Abb. 2). Eine Erweiterung bis zum LOD4 wird in diesem Projekt nicht angestrebt. Zur Validierung kann bereits ab dem LOD1 die Korrektheit der Lage, durch den Vergleich mit dem weiteren, zuvor nicht nutzbaren Ausgangsmaterial, optimiert werden. Dadurch entsteht ein iterativer Prozess, der die Ergebnisse schrittweise an das Ausgangsmaterial anpasst. Zur Erstellung eines lagerrichtigen Abbilds empfiehlt sich der Einsatz eines GIS. Für die 3D-Modellierung und anwen-

dungsbezogene Ergebnisaufbereitung ist die Verwendung einer 3D-Grafiksoftware empfehlenswert. Abb. 3 zeigt einen Überblick über die angewandte Methodik.

### 2.1 Geodatenverarbeitung im Geoinformationssystem

Die Geodatenverarbeitung im GIS umfasst die Datenaufbereitung der unterschiedlichen (Geo-)Datensätze und das Ableiten der Lagepläne als Vektordatensätze. Diese bilden eine Grundlage für die Erzeugung des 3D-Modells.

#### 2.1.1 Datengrundlage

Als Datengrundlage für das GIS (siehe Abb. 2 – Input) dienen verschiedene, relativ aktuelle und insbesondere historische Quellen. Zu den aktuelleren Daten zählen in diesem Fall Orthophotos aus dem Jahr 2014, klassifizierte Laserscanergebnisse der Laserscanbefliegung aus dem Jahr 2009 und im Rahmen dieses Projektes erfasste Passpunkte. Das historische Datenmaterial (Ausschnitte beispielsweise in Abb. 4) umfasst Luftbilder der Jahre 1944 und 1945, ein Messtischblatt, Baupläne des Jahres 1944, Typenpläne der normierten Baracken und Skizzen ehemaliger Häftlinge.

#### 2.1.2 Georeferenzierung und Digitalisierung

Für die virtuelle Rekonstruktion ist zunächst die Georeferenzierung der historischen Quellen von Bedeutung. Ein lagemäßig einheitlicher Bezug erlaubt die Ableitung der Position und Größe der ehemaligen Objekte des Untersuchungsgebiets. Grundlage der Georeferenzierung bilden im Projekt die als aktuell eingestuften Quellen wie Orthophotos, Passpunkte und die klassifizierten



Abb. 2: Gebäude im LOD1, LOD2 und LOD3 (von links)

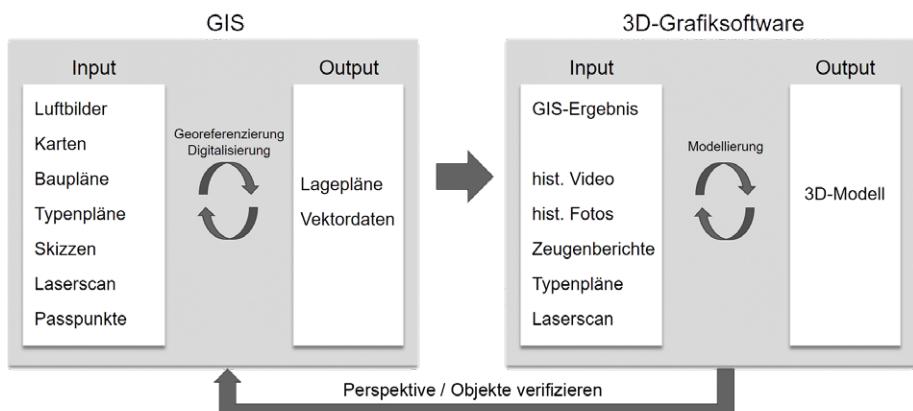


Abb. 3: Übersicht zum methodischen Vorgehen

Laserscanergebnisse. Diese liegen im amtlichen Lagebezugssystem (ETRS89/UTM, Zone 32) bzw. die Laserscanergebnisse zusätzlich im Deutschen Haupthöhennetz 1992 (DHHN92) vor. Besondere Bedeutung kommt dem Luftbild der Alliierten vom 10.04.1945 zu (siehe Abb. 4), da die virtuelle Rekonstruktion das Ziel hat, alle Gebäudeobjekte gegen Ende des Lagerbestehens zu erfassen und dieses Luftbild den Bestand zu diesem Zeitpunkt widerspiegelt.

Während die Orthophotos und Laserscanergebnisse für das gesamte Bundesland Sachsen-Anhalt vorliegen, wurden die Passpunkte im Rahmen des Projektes erfasst. Diese Referenzpunkte sollen in der Örtlichkeit vorhandene und in den historischen Dokumenten, insbesondere den Luftbildern, ersichtliche Objekte, beispielsweise Baracken oder Wachtürme, repräsentieren. Aufgrund der aus Abb. 1 erkennbaren Verschattung und dem starken Bewuchs, insbesondere im Bereich der Baracken, können nur wenige nutzbare Passpunkte gefunden werden. Diese lagern sich insbesondere im Bereich der Lagerküche an, von der noch Ruinenreste erhalten sind und die auch im Luftbild vom 10.04.1945 gut ersichtlich ist. Aufgrund der ungünstigen Positionierung der Passpunkte, die nicht über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt werden können, müssen weitere Datenquellen erschlossen werden.

Daher erfolgt zunächst die Georeferenzierung des Messtischblattes der U.S. Army von 1951. Hinweise zur Georeferenzierung von Messtischblättern beschreiben beispielsweise Bill und Walter (2015) sowie Koldrack und Bill (2015). Da es sich bei dem vorliegenden Messtischblatt um die Ausgabe der U.S. Army handelt, die die Messtischblätter des Reichsamts kopierten, das deutsche Koordinatengitter entfernt und das hinzugefügte Koordinatengitter somit von der Originalausgabe abweicht, erfolgt die Georeferenzierung für das Untersuchungsgebiet und angrenzender Bereiche. Hierbei wird auf die Orthophotos zurückgegriffen und dabei insbesondere anhand von Wegkreuzungen georeferenziert. Diese haben sich bei augenscheinlicher Betrachtung der Umgebung des Untersuchungsgebiets kaum verändert. Für die Georeferenzierung der

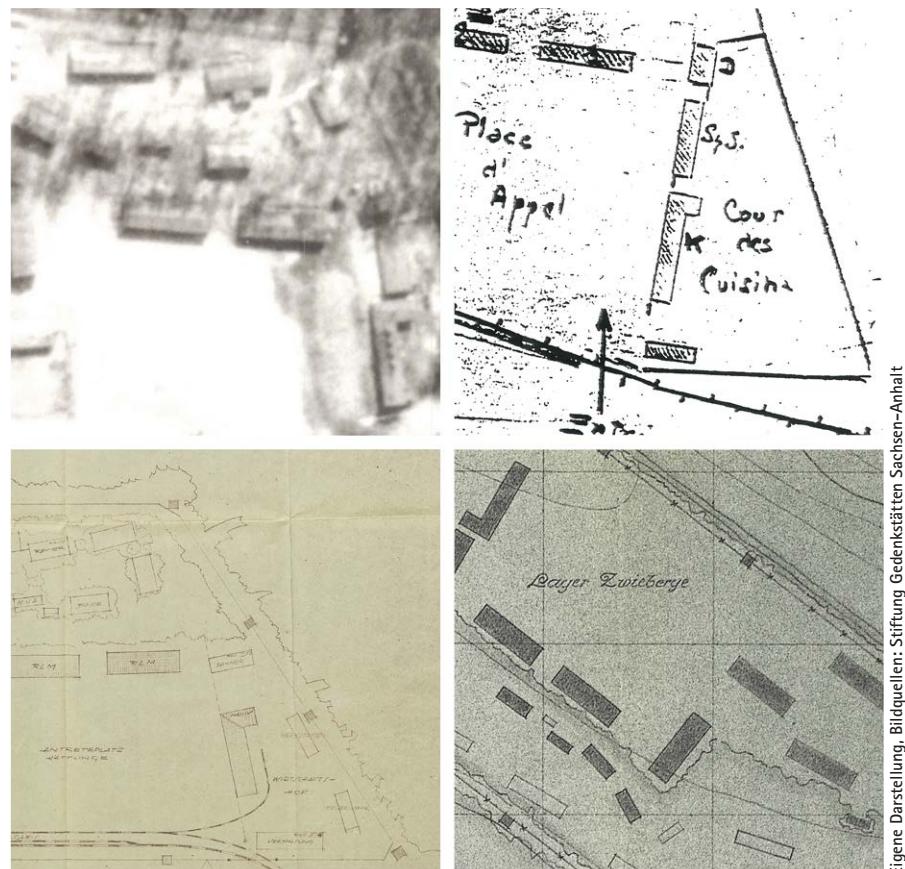


Abb. 4: Historisches Luftbild vom Lagergelände vom 10.04.1945 (links oben); Lagerskizze eines ehemaligen Häftlings vom April 1945 (rechts oben); Entwurfsplan vom 27.07.1944 mit Barackentypen (links unten) und mit Gebäudezustand vom 11.10.1944 (rechts unten).

Eigene Darstellung, Bildquellen: Stiftung Gedenkstätten Sachsen-Anhalt

historischen Luftbildern kann ebenso auf dieses Verfahren, auf das nun vorliegende, georeferenzierte Messtischblatt und die darin sporadisch enthaltenen Lagerinformationen sowie auf die Passpunkte zurückgegriffen werden. Problematisch sind bei den Luftbildern insbesondere die geometrischen Verzerrungen.

Georeferenziert werden ebenso die Baupläne vom 27.07.1944 und 11.10.1944 der Bauleitung (siehe Abb. 5). Die auf den ersten Blick als sehr nützlich vermuteten Baupläne erweisen sich für die Georeferenzierung als nahezu unbrauchbar. Die Abb. 5 zeigt die dabei auftretende Problematik der Abweichung der final ermittelten



Abb. 5: Überlagerung der ermittelten Gebäudeobjekte mit den Bauplänen

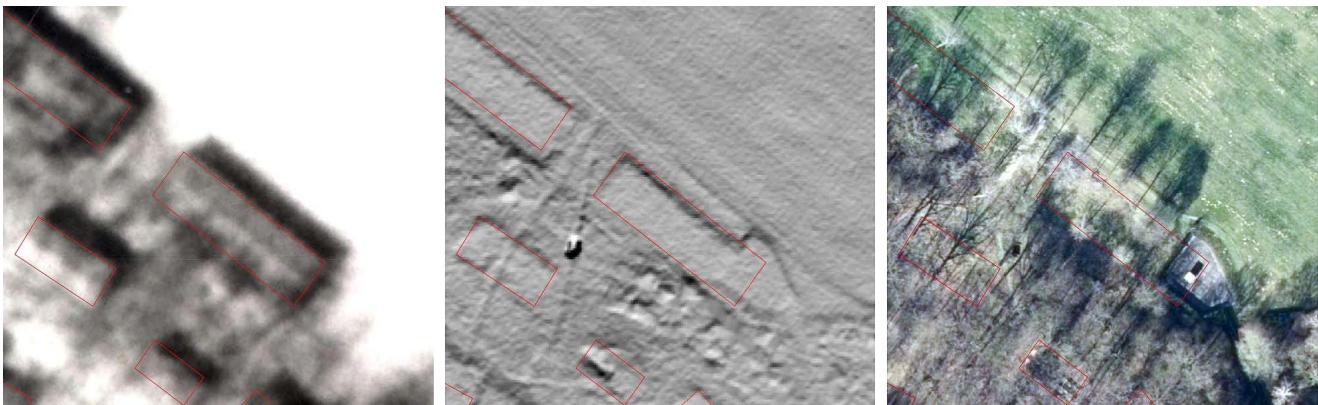


Abb. 6: Überbauung der ursprünglichen Gebäudestandorte sowie teilweise fehlerhafte Rekonstruktion der Gebäudebereiche in der Örtlichkeit

Gebäudeumringe (rote Linie) und den Gebäudestandorten der Baupläne. Trotz Koordinatengitter, welches auf einem der beiden Baupläne vorhanden ist, und der augenscheinlich durchaus detailliert eingezeichneten Gebäude, gibt es erhebliche Unstimmigkeiten bei der Georeferenzierung. Diese Erkenntnis wird gestützt durch Gebäudeabmessungen, die aus dem Bauplan mit Koordinatengitter ermittelt werden können, da sie nicht mit den Maßen der Typenbauwerke übereinstimmen. Die Baupläne suggerieren somit eine Genauigkeit, die diese jedoch nicht besitzen. Die Baupläne dienen trotz dieser Unstimmigkeiten für die Digitalisierung, um die Vollständigkeit von Objekten abzugleichen und zusätzliche Attribute hinsichtlich Baufortschritt sowie Art des Gebäudes erfassen zu können. Außerdem geben sie Hinweise auf die Lage der Lagergrenze und deren Wachtürme.

Für die visuelle Bewertung der Lage der ehemaligen Lagerobjekte bietet sich auch die Schummerung als Form der Geländedarstellung an. Die Berechnung der Schummerung erfolgt auf der Grundlage verschiedener Parameter, deren Ausprägung wiederum zu unterschiedlichen visuellen Ergebnissen führt. Die Schummerung kann insbesondere dabei helfen, Höheninformationen besser zu erschließen und somit in den Kontext der weiteren Ausgangsdaten setzen zu können. Als Eingangsdatensatz dienen die klassifizierten Laserscanergebnisse. Bereits Gertloff (2011) beschreibt Airborne Laserscanning als eine etablierte, eigenständige Methode der archäologischen Prospektion, die zwischen Luftbildarchäologie und archäologisch-topographischer Geländeaufnahme anzusiedeln ist und insbesondere eine einfache Erfassung der Geometrie historischer Objekte mit hoher Genauigkeit und exakter Georeferenzierung bietet. Voraussetzung ist, dass sich die betreffenden Objekte an der Oberfläche abzeichnen (Gertloff 2011).

Die Bodenpunkte der klassifizierten Laserscanergebnisse sind die Grundlage der Visualisierung in Form von Schummerungsvarianten. Hier ist die Kombination von Beleuchtungsrichtung, Beleuchtungshöhe und ggf. der Geländeüberhöhung in Verbindung mit den Gelände-eigenschaften und den zu detektierenden Objekten ausschlaggebend (Gertloff 2011). Aus diesem Grund sind

oftmals mehrere Versuche erforderlich. Die Schummierungsergebnisse und deren Interpretation, in diesem Fall die Erkennung von Objektstrukturen wie die ehemaligen Baracken, unterliegen aufgrund dieser Methodik immer subjektiven Einflüssen. In Kombination mit den weiteren, beschriebenen Datensätzen und Dokumentationen helfen diese Erkenntnisse aber erheblich bei der Objektdetektion.

Der Abgleich der verschiedenen Daten, wie Laserscans und Luftbilder, ist insbesondere auch dadurch von Bedeutung, weil die tatsächlichen Gebäudeabgrenzungen vor Ort, wenn vorhanden, kaum erkennbar sind. Erschwerend kommt hinzu, dass die in der Örtlichkeit im Nachhinein markierten Gebäudebereiche nicht immer den ursprünglichen Abgrenzungen entsprechen bzw. auch Überbauungen stattfanden. Abb. 6 zeigt diese Problematik. Links ist das Luftbild vom 10.04.1945 mit der neu rekonstruierten Lage der Gebäude (rote Linie) zu sehen. Im mittleren Bild ist die Überlagerung der neu rekonstruierten Gebäude-lage mit dem Schummerungsbild der Laserscanergebnisse dargestellt. Das rechte Bild zeigt ein aktuelles Orthophoto mit den neu rekonstruierten Gebäudelagen. Bei den beiden letztgenannten Bildern wird die Diskrepanz zwischen der heutigen Überbauung bzw. der nicht korrekten Rekonstruktion der Gebäudebereiche in der Örtlichkeit und den neu rekonstruierten Gebäudelagen deutlich.

### 2.1.3 Ausgabe thematischer Lagepläne

Das Ergebnis der Georeferenzierung und anschließender Digitalisierung der Objekte sind verschiedene Vektordatensätze wie Gebäude, Lagergrenze, Wachtürme, usw. Diese bilden die Grundlage für die Erstellung von Lageplänen und können je nach Anwendungsfall mit unterschiedlichen Ebenen kombiniert werden (Abb. 7). Insbesondere die Kombination der Vektordatensätze, als Ergebnis der Datenfusion und deren Interpretation, mit den historischen Luftbildern oder auch der Schummierungsdarstellung stellen eine wichtige Grundlage für die weitere Gedenkstättenarbeit sowohl intern als auch für die Öffentlichkeit dar. Diese Vektordaten bilden die Basis für die korrekte Erstellung eines 3D-Modells des Lagergeländes (LOD3).

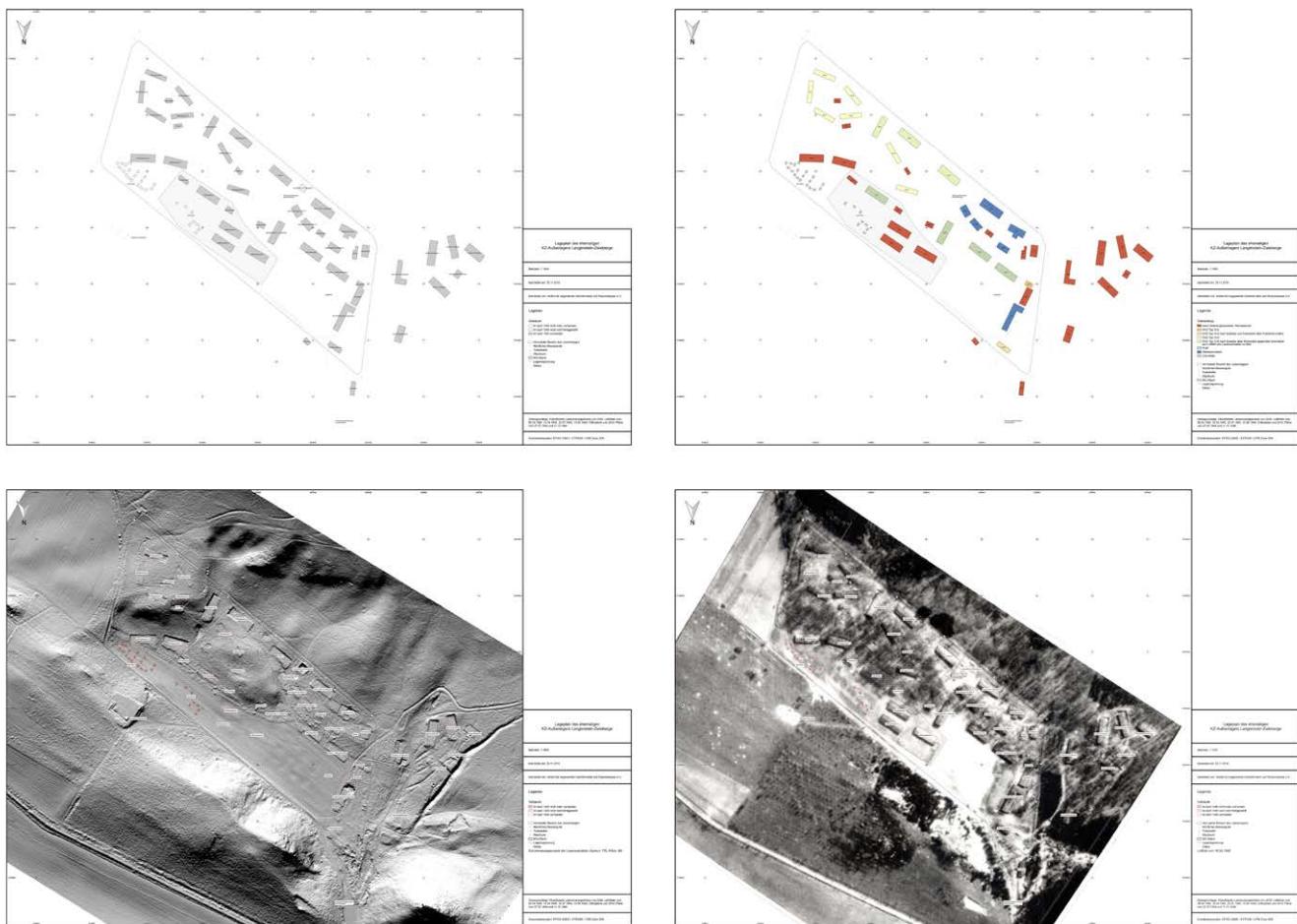


Abb. 7: Beispiele der erstellten Lagepläne mit Gebäudezustand (links oben), Gebäudetyp (rechts oben), Schummerung (links unten) und historischem Luftbild (rechts unten). Kartenausrichtung aus pädagogischen Gründen in Südausrichtung

## 2.2 Erzeugung 3D-Lagermodell in 3D-Grafiksoftware

Neben der zweidimensionalen Darstellung in Form von Lageplänen sind insbesondere für die Öffentlichkeitsarbeit dreidimensionale Visualisierungen unverzichtbar. Die Ergebnisse der GIS-Bearbeitung in Form der Vektordatensätze bilden zusammen mit einem historischen Video (siehe Abb. 8) und Fotos, Zeugenberichten, Typenplänen sowie den klassifizierten Laserscandaten die Basis für die 3D-Modellierung. Um korrekte und konkrete Informationen aus den historischen Fotos und dem Video nutzen zu können, ist eine möglichst vollständige Georeferenzierung der Fotos und Videosequenzen nötig. Dabei wird nicht nur die möglichst genaue Position, sondern auch die Ausrichtung der Kamera ermittelt. Da Kameras zum Zeitpunkt der Aufnahmen nicht über GPS-Module verfügten und die Metadaten noch in analoger Form aufgezeichnet wurden, kann für eine Georeferenzierung der Mediendateien im Wesentlichen nur der Bildinhalt herangezogen werden. Hilfreich sind hierbei bereits referenzierte, eindeutig identifizierbare Objekte wie Gebäude, Zäune, Berge und Gesteins-/Oberflächenformationen aber auch der Schattenwurf der abgebildeten Objekte.

Das verbindende Element der 3D-Grafiksoftware und des GIS ist die Nutzung von Vektordaten und deren Koordinatenbezug, der in beiden vorhanden ist. Somit sind in der 3D-Grafiksoftware zunächst die Vektordaten entsprechend zu importieren. Hier ist besonders auf den Koordinatenursprung und die Einheit zu achten. Dies ist insofern wichtig, da in der Regel in der 3D-Grafiksoftware im Koordinatenursprung gezeichnet wird. Die Einheiten sind standardmäßig entweder nicht vorhanden oder ent-



Abb. 8: Filmmaterial der U.S. Army mit Massivbauten im Hintergrund

sprechen nicht der im GIS verwendeten Einheit. Eine Umstellmöglichkeit in der 3D-Grafiksoftware, beispielsweise in Meter, ist aber in der Regel vorhanden. Somit ist es letztlich möglich, die im GIS erstellten Vektordaten importieren zu können.

Die für die 3D-Modellierung in diesem Projekt favorisierte 3D-Grafiksoftware ist Blender ([www.blender.org](http://www.blender.org)). Blender ist eine freie 3D-Grafiksuite zum Modellieren, Texturieren und Animieren von Körpern. Sie stellt einen großen Funktionsumfang zur Verfügung. Dieser lässt sich durch Add-ons und Skripte zusätzlich erweitern. Eine Erweiterung im GIS-Kontext ist BlenderGIS (<https://github.com/domlysz/BlenderGIS>), das Werkzeuge für den Umgang mit Geodaten bereitstellt. Damit ist es unter anderem möglich, Shapefiles unter Verwendung des ursprünglichen Koordinatensystems zu importieren. Die Objekte werden dann im Blender-Koordinatensystem bereitgestellt und können bearbeitet werden. Außerdem bestehen mit BlenderGIS Möglichkeiten der Einbindung von OpenStreetMap- oder Google-Hintergrundkarten, des Imports georeferenzierter Rasterdaten sowie zur Delaunay-Triangulation und zur Erstellung von Voronoi-Diagrammen. BlenderGIS ermöglicht es somit, die verschiedenen im GIS erstellten Vektordatenebenen lagerichtig in Blender weiterverarbeiten zu können.

Im konkreten Beispiel können die Bodenpunkte der klassifizierten Laserscandaten lage- und höhenrichtig importiert werden. Die Geländeerstellung als TIN (Triangulated Irregular Network) erfolgt innerhalb von Blender mit BlenderGIS durch Delaunay-Triangulierung. Somit ist das Gelände bereits hinreichend gut rekonstruiert. Falls erforderlich, können die Objekte in Blender angepasst werden. Die Modellierung der weiteren Elemente wie Gebäude, Wachtürme oder Zäune erfordert die Nutzung weiterer Funktionen. Die im GIS erzeugten Vektordaten können nur die Lage beschreiben. Für die möglichst originalgetreue Rekonstruktion sind die weiteren vorhandenen Unterlagen notwendig. Diese erlauben teilweise die konkrete Ausgestaltung von Gebäuden. Hier ist besonders auf die Gebäude hinzuweisen, die auf Basis von Typenplänen gebaut wurden und somit detailgetreu rekonstruiert werden können. Für weitergehende Erkenntnisse oder bei Nicht-Standardbauten wird auf das Video- und Filmmaterial zurückgegriffen. Hierbei ist es jedoch auch notwendig, teilweise Annahmen zu treffen, da genaue Angaben zu Maßen oder die konkrete Ausgestaltung nicht vorhanden sind. Durch das in-Bezug-Setzen derartiger Objekte zu den bereits rekonstruierten

Objekten und das Integrieren von Zeugenberichten sowie wissenschaftlicher Dokumentationen kann der Umfang der Annahmen aber minimiert werden.

Für die Modellierung der Objekte steht eine große Bandbreite an Funktionen zur Verfügung. Bei Gebäuden wird in der Regel als Würfel begonnen, der unter anderem durch Skalierung, Teilung, Extrusion, usw. modelliert wird. Hilfreich kann beispielsweise auch der Spiegel-Modifikator sein, der es erlaubt, ein Objekt nur zur Hälfte zu

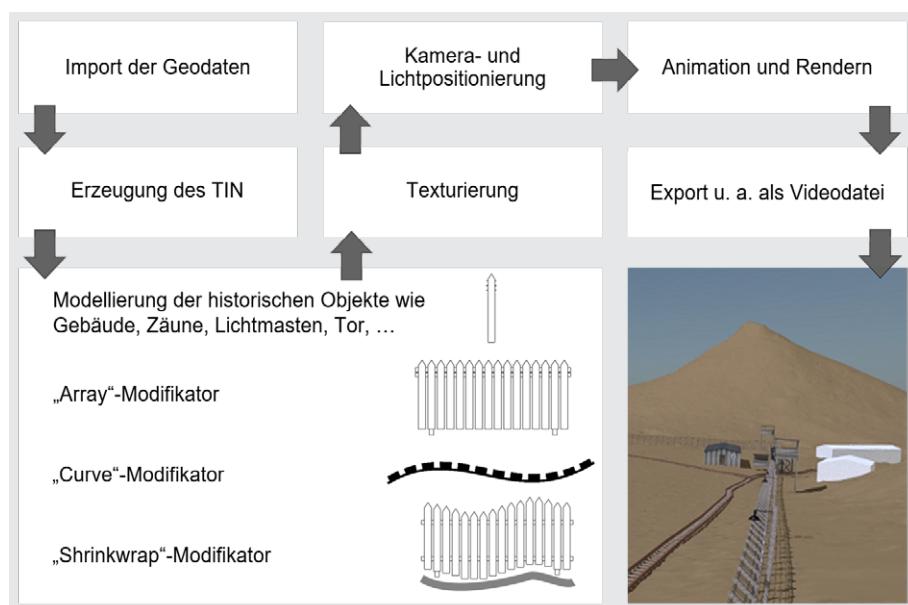


Abb. 9: Vorgehensweise mit 3D-Grafiksoftware (Blender) am Beispiel eines Zaunes

modellieren und entsprechend zu spiegeln, was bei den Typen-Gebäuden anwendbar ist. Für Zäune oder Gleise bietet sich beispielsweise der »Array«- und »Curve«-Modifikator in Verbindung mit dem »Shrinkwrap«-Modifikator an. Letzterer bewegt die 2D-Polylinie aus den GIS-Vektordaten auf das TIN und gibt dieser letztlich eine Höhenkomponente. Mit den beiden weiteren Modifikatoren ist es möglich, ein Teilelement wie einen Zaunpfiler zu erstellen, dieses Objekt entlang einer Polylinie zu deformieren (»Curve«-Modifikator) und zu vervielfachen (»Array«-Modifikator). Die Abb. 9 zeigt einen beispielhaften Workflow für die Erstellung einer Videoanimation in Blender unter Verwendung der in Abb. 3 aufgeführten Datensätze.

Um die Vegetation realitätsnah darstellen zu können, kann auf Add-ons zurückgegriffen werden, die vorgefertigte, einstellbare Objekte wie z.B. Bäume bereitstellen. Dies erleichtert diese Arbeit bedeutend, da die eigene Erstellung von ähnlichen aber doch unterschiedlichen Vegetationsobjekten mit erheblichem Aufwand verbunden sein kann. Für die realistische Rekonstruktion der Objekte ist deren Textur von entscheidender Bedeutung. Hierfür stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Neben der Verwendung von einstellbaren Farben führt insbesondere die Anwendung von Texturbildern, wie beispielsweise Holz- oder Steinstrukturen, bei Gebäuden zu realitätsnahen Ergebnissen. Die Zuweisung derartiger



Abb. 10: Ausschnitt aus dem 3D-Modell in Blender

Materialien kann detailliert bis auf einzelne Objektteile erfolgen.

Im Ergebnis der Modellierung in der 3D-Grafiksuite entsteht ein 3D-Modell (Abb. 10), das auf vielfältige Weise weiter verwendet werden kann. Durch diverse Exportmöglichkeiten kann das Modell auch langfristig in verschiedene Formate konvertiert und somit für die weitere Nutzung bereitgestellt werden. Das im Projekt erstellte 3D-Modell kann bei neuen Erkenntnissen aus der historischen Aufarbeitung der Gedenkstättengeschichte stetig fortgeführt und angepasst werden.

Ein klassisches Format für die öffentlichkeitswirksame Präsentation stellt weiterhin die Ausgabe einer Animation dar. Diese lässt sich unproblematisch aus dem 3D-Modell erzeugen. Durch das Setzen verschiedener Kamera- und Beleuchtungspositionen und dem anschließenden Rendern der Szene können anwendungsspezifische Animationsvideos erstellt werden. Durch das Rendern der Einzelbilder, also das Berechnen eines Bildes anhand der im Modell getroffenen Eigenschaften, und das anschließende Aneinanderreihen der Bilder, entsteht letztlich der Animationsfilm.

Der Einbezug von Fotos und Videos ist nicht nur für die Ermittlung von Details wie Texturen sinnvoll, sondern gibt auch einen unverfälschten Ausschnitt der his-

torischen IST-Situation wieder. Dadurch eignen sie sich sehr gut als Referenz für die Validierung der erzeugten Modelle.

### 2.3 Verifizierung

Da das erzeugte Modell von der Qualität der Ausgangsdaten abhängt, ist insbesondere bei historischen Daten eine Überprüfung der Datensätze wichtig. Da die Daten nur bedingt durch aktuelle Messungen überprüft werden können, ist ein Abgleich der historischen Datensätze untereinander oft das einzige Mittel zur Validierung. Dabei sind die speziellen Eigenschaften der Datensätze zu beachten, beispielsweise wann ein Gedächtnisbericht oder Lagerplan erstellt wurde. Ein großer Vorteil des erstellten 3D-Modells ist die freie Positionierung der Kamera beim Rendern einer Ansicht. Dadurch kann das 3D-Modell permanent mit den georeferenzierten, historischen Fotos und Videos abgeglichen werden. Da sich Bilder und Videoaufnahmen gut als valide Referenz eignen, kann so die Lage, Größe und Anzahl von Objekten überprüft werden. Abb. 11 und Abb. 12 zeigen exemplarisch eine annähernd identische Position mit Blick auf das Lagergelände. Abb. 11 zeigt dabei eine auf Basis historischer Einzelaufnahmen zusammengeführte Panoramaaufnahme. Im Vergleich dazu zeigt Abb. 12 das generierte 3D-Modell. Dabei ist zu beachten, dass die Geländeerhebung im linken Hintergrund aufgrund der Begrenzung des Modells nicht abgebildet ist. Durch derartige Betrachtungen ergibt sich die Chance, ggf. Anpassungen an die bereits erstellten Lagepläne durchzuführen, die sich aufgrund der Betrachtung der 3D-Perspektive und damit möglicher unzureichender bzw. fehlinterpretierter Ausgangsdaten ergeben. Auf diesem Weg entsteht ein iterativer Prozess, der die ständige Verbesserung der erstellten Präsentationsinhalte erlaubt und für die weitere Aufarbeitung der Gedenkstättenhistorie bedeutsam ist (siehe Abb. 3).



Abb. 11: Eigene Darstellung auf Grundlage von Einzelaufnahmen mit Blick auf das Lagergelände

(Einzelaufnahmen Quelle: Stiftung Gedenkstätten Sachsen-Anhalt)

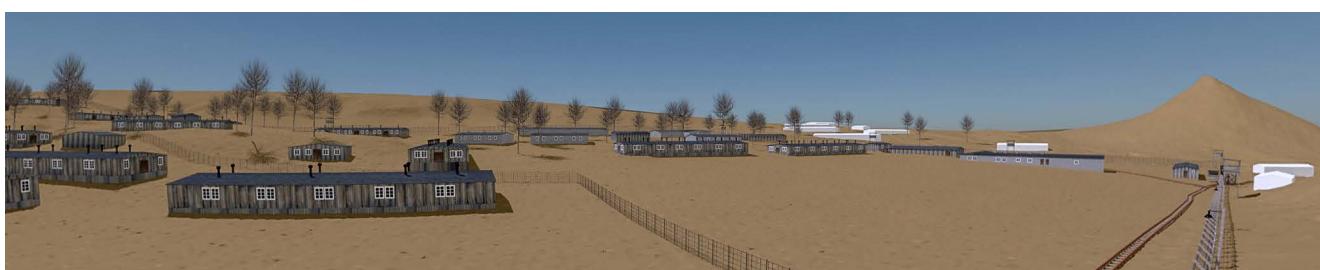


Abb. 12: Ansicht des 3D-Modells mit Blick auf das Lagergelände von der Position aus Abb. 11

### 3 Fazit und Ausblick

Die aus der virtuellen Rekonstruktion des Lagers erzeugte Animation gibt bereits einen Ausblick auf mögliche, neue Informationsprodukte. Sie visualisiert den Zustand des Lagers zum Zeitpunkt der Befreiung im Jahr 1945 und vermittelt so einen digitalen Eindruck, der aufgrund der fehlenden historischen Bebauung mit Schautafeln und einzelnen Nachbauten nur schwer zu vermitteln ist. Dabei zeigen die Bearbeitung und die damit verbundene Auseinandersetzung mit den Ausgangsdaten auch fehlerhafte Daten und Interpretationen auf. Nicht zu unterschätzende Herausforderungen stellen dabei im Bereich der Erstellung der Datenbasis die Recherche und Sichtung der historischen und aktuellen Datensätze sowie deren Überprüfung dar. Hierbei zeigen sich bei historischen Daten mitunter Unstimmigkeiten. Zuverlässiger sind vorhandene Foto- und Videoaufnahmen. Im Idealfall weisen Berichte auf Fakten hin, die dann anhand der Fotoaufnahmen nachvollzogen werden können. Nicht zu unterschätzen sind zudem technische Herausforderungen wie die nötige Rechenleistung bei 3D-Modellierung und 3D-Visualisierung bzw. die nötige Zeit für die Einarbeitung in die komplexen 3D-Grafiksoftwareanwendungen. Beim Zugang zu den nötigen Daten bzw. bei der Begehung des Geländes und der Aufnahme von Passpunkten können zudem rechtliche Herausforderungen im Weg stehen. Die virtuelle Rekonstruktion historischer Objekte stellt somit trotz des Aufwands ein interessantes und lohnenswertes Vorgehen dar.

Für das durchgeführte Projekt ist bereits angedacht, auf Basis der erstellten, virtuellen Rekonstruktion, weitere innovative Informationsprodukte zu entwickeln. So ist angedacht, mittels Augmented Reality einen digitalen Gedenkstätten-Guide zu entwickeln.

Aus forschungsorientierter Sicht wäre die weitere Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von Photogrammetrie zur Erstellung der 3D-Objekte aus historischen Aufnahmen interessant, da deren Erzeugung viel Zeit in Anspruch nimmt. Photogrammetrie wird im historischen Kontext aktuell vornehmlich genutzt, um historische Objekte digital für die Nachwelt zu konservieren. Anwendungen auf historischen Aufnahmen haben die Herausforderung, dass die Rahmenparameter der Abbildungen unbekannt und die Anzahl der Abbildungen begrenzt ist (vgl. Siedler et al. 2010, Vietze et al. 2017).

### Dank

Das Projekt »Virtuelle Rekonstruktion des Lagerbereichs der KZ-Gedenkstätte Langenstein-Zwieberge« wurde von der Stiftung Gedenkstätten Sachsen-Anhalt in Auftrag gegeben und vom Land Sachsen-Anhalt gefördert. Ein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der »Gedenkstätte für die Opfer des KZ Langenstein-Zwieberge« für die gute Zusammenarbeit und Unterstützung.

### Literatur

- Bill, R., Walter, K. (2015): Crowdsourcing zur Georeferenzierung alter topographischer Karten – Ansatz, Erfahrungen und Qualitätsanalyse. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 3/2015, 140. Jg., S. 172–179, 2015. DOI: 10.12902/zfv-0060-2015.
- Broll, W. (2013): Augmentierte Realität. In: Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., Jung, B. (Hrsg.): Virtual und Augmented Reality (VR/AR), S. 241–294.
- Bryson, S. (2013): Call for Participation 1993 IEEE Symposium on Research Frontiers in virtual Reality. Zit. nach: Dörner, R., Jung, B., Grimm, P., Broll, W., Göbel, M.: Einleitung. In: Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., Jung, B. (Hrsg.): Virtual und Augmented Reality (VR/AR), S. 1–31.
- Dörner, R., Jung, B., Grimm, P., Broll, W., Göbel, M. (2013): Einleitung. In: Dörner, R., Broll, W., Grimm, P., Jung, B. (Hrsg.): Virtual und Augmented Reality (VR/AR), S. 1–31.
- Gertloff, K.-H. (2011): Detektion von Bodendenkmälern im Wald mit einem hochauflösenden Geländemodell aus Laserscannerdaten. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 2/2011, 136. Jg., S. 86–92.
- Koldrack, N., Bill, R. (2015): Automatisierte Georeferenzierung alter topographischer Karten – Algorithmus und Qualitätsanalyse. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 5/2015, 140. Jg., S. 290–296. DOI: 10.12902/zfv-0070-2015.
- Siedler, G., Sacher, G., Vetter, S. (2010): Photogrammetrische Auswertung historischer Fotografien am Potsdamer Schloss. [www.fokus-gmbh-leipzig.de/pdf/Handhigh3-Siedler-Potsdam-Stadtschloss.pdf](http://www.fokus-gmbh-leipzig.de/pdf/Handhigh3-Siedler-Potsdam-Stadtschloss.pdf), letzter Zugriff 01/2018.
- Stahl, A. (2015): NS-Baracken – unbequeme und vergessene Artefakte deutscher Vergangenheit. Ergebnisse einer Provenienzforschung zum KZ-Außenlager Langenstein-Zwieberge bei Halberstadt. Denkmalpflege in Sachsen-Anhalt, Heft 2/2015, 23. Jg., S. 52–77.
- U.S. Army (1945): Political Prisoners' Concentration Camp, Langenstein, Germany. April 18, 1945. <https://collections.ushmm.org/search/catalog/irn1000794>, letzter Zugriff 01/2018.
- Vietze, T., Schneider, D., Maiwald, F. (2017): Untersuchung der Eignung photogrammetrischer Methoden zur Erzeugung von 3D-Punktwolken aus historischen Bilddatenbeständen. [www.dgpf.de/src/tagung/jt2017/proceedings/proceedings/papers/43\\_Pos\\_DGPF2017\\_Vietze\\_et\\_al.pdf](http://www.dgpf.de/src/tagung/jt2017/proceedings/proceedings/papers/43_Pos_DGPF2017_Vietze_et_al.pdf), letzter Zugriff 01/2018.

### Kontakt

Tobias Kirschke, M. Eng. | Christian Wolff, M.Sc.  
Hochschule Anhalt  
Bauhausstraße 8, 06846 Dessau-Roßlau  
[tobias.kirschke@hs-anhalt.de](mailto:tobias.kirschke@hs-anhalt.de)  
[christian.wolff@hs-anhalt.de](mailto:christian.wolff@hs-anhalt.de)

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter [www.geodesie.info](http://www.geodesie.info).