

Ein 4D-Browser für historische Fotografien – Forschungspotenziale für die Kunstgeschichte. Das Projekt HistStadt4D

Einleitung

Historische Fotografien enthalten eine hohe Dichte an Informationen und sind von großer Bedeutung in den Geisteswissenschaften, insbesondere der kunst- und architekturhistorischen Forschung. Sie geben Aufschluss über das Erscheinungsbild und die Architektur der Stadt sowie deren Entwicklung über die Zeit hinweg. In einer Vielzahl von Online-Repositories werden historische Bilder urbaner Architektur der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt und stellen zunehmend wichtige Recherchewerkzeuge dar. Vor dem Hintergrund fortlaufender Digitalisierung historischer Bildbestände wird die Suche vor allem nach ortsbezogenen Bildquellen stetig verkompliziert.¹ Bei der Arbeit mit diesem Material ist eine hohe Kompetenz im Umgang mit Schlagwörtern erforderlich. Die Erschließung dargestellter Gegenstände anhand von Worten und Filter kann dabei ineffizient und wenig zielführend bleiben.² Viele Forschungsplattformen und Anwendungen erfüllen zudem weder die Anforderungen der Geisteswissenschaftler*innen, noch werden deren Arbeitsweise und Fertigkeiten berücksichtigt.³

1 Vgl. Elke Bauer: Analoge Fotografie im digitalen Zeitalter. Eine Herausforderung für Bildarchive und Geschichtswissenschaft. In: Zeithistorische Forschungen 12 (2015), H. 2, S. 314-316, DOI: [10.14765/zf.dok-1442](https://doi.org/10.14765/zf.dok-1442). Alle zitierten Onlinere Ressourcen wurden zuletzt am 13. Dezember 2021 aufgerufen.

2 Vgl. Joan E. Beaudoin/Jessica Evans Brady: Finding Visual Information: A Study of Image Resources Used by Archaeologists, Architects, Art Historians, and Artists. In: Art Documentation. Journal of the Art Libraries Society of North America 30 (2011), H. 2, S. 24-36, DOI: [10.1086/adx.30.2.41244062](https://doi.org/10.1086/adx.30.2.41244062); Christina Kamposiori: Digital Infrastructure for Art Historical Research. Thinking about User Needs. In: Proceedings from the Electronic Visualisation and the Arts Conference, London 2012, S. 245-253, DOI: [10.14236/ewic/EVA2012.41](https://doi.org/10.14236/ewic/EVA2012.41).

3 Vgl. Maxwell Alexander: Digital Archives and History Research. Feedback from an End-User. In: Library Review 59 (2010), H. 1, S. 24-39, DOI: [10.1108/00242531011014664](https://doi.org/10.1108/00242531011014664).

Das Projekt *HistStadt4D*⁴ an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg und der Technischen Universität Dresden hat sich zum Ziel gesetzt, den Zugang zu jenen Bildbeständen zu erleichtern. Der hier vorgestellte Ansatz unterstützt die Erschließung umfangreicher historischer Bildbestände mit räumlichen Zusammenhängen. Somit bildet die schlagwortgebundene Suche nur einen ergänzenden Aspekt, während die Quellen und deren räumliche Verortung in den Vordergrund treten. Die Idee basiert auf einer Verortung der Fotografien innerhalb eines vierdimensionalen Modells – räumlich und zeitlich –, so dass die topographische Lage innerhalb der Stadt den Aufhängungspunkt für die dazugehörigen Quellen bildet. Der Weg hin zu einer objektbasierten Suche führt dabei über direkt aus dem vorhandenen Quellenmaterial algorithmisch extrahiertem Wissen. Den Forschenden werden Interaktions- und Visualisierungsmethoden bereitgestellt, welche die Beantwortung kunst- und architekturhistorischer Fragestellungen ermöglichen bzw. unterstützen.

Räumliches Durchsuchen im 4D-Browser

Die bestehenden, konventionellen Nutzerschnittstellen der Online-Medienrepositorien erlauben eine schlagwortbasierte und facettierte Suche nach Metadaten. Diese Art der Suche stößt jedoch an ihre Grenzen, wenn einerseits Benutzer nur über ein begrenztes Wissen über das Objekt verfügen, nach dem gesucht wird. Andererseits variiert die Qualität der Metadaten stark. Diese können unvollständig, vage oder sogar falsch sein. Potenziell interessante Bilder können so eventuell nicht gefunden werden.

In der im Projekt entwickelten 4D-Browseranwendung⁵ (Abb. 1) wird die metadatenbasierte Suche um eine 3D-Ansicht und eine Zeitleiste erweitert, um räumliche und zeitliche Suchen nach Objekten und Bildern zu ermöglichen. Unabhängig von detailliertem Wissen über das abgebildete Objekt kann so zu der jeweiligen Sehenswürdigkeit navigiert werden. Die Interaktion mit einzelnen oder einer Auswahl von 3D-Gebäudeobjekten ermöglicht zum einen die Fokussierung und damit

4 URL: <https://www.urbanhistory4d.org>.

5 URL: <https://4dbrowser.urbanhistory4d.org>.

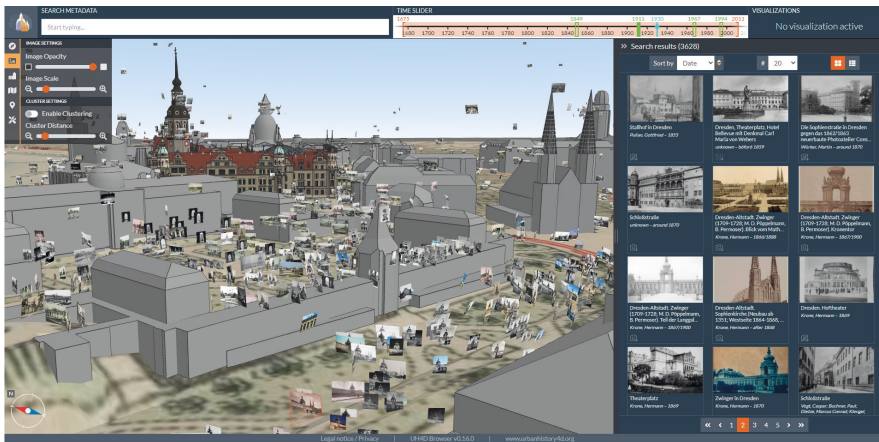


Abb. 1: Benutzeroberfläche des 4D-Browsers – 3D-Ansicht mit verorteten Fotografien im 3D-Stadtmodell, Such- und Zeitleiste (oben) und Ergebnisliste (rechts).

das Anpassen des Sichtbereichs auf das Gebiet um das Gebäude, zum anderen die Filterung der Bilder, die damit verknüpft sind.

Neben der klassischen Bild- und Metadatenanzeige kann der Standpunkt der Fotograf*innen im 3D-Raum direkt eingenommen und das Bild mit dem 3D-Stadtmodell überblendet werden. Dies ist insbesondere dann interessant, wenn die zeitliche Einordnung von Bild und Modell abweicht und somit bauliche Veränderungen identifiziert werden können. Um ähnliche Bilder zu finden, muss sich nicht mehr auf Annotationen verlassen werden. Eine räumliche Suche nach Standpunkten in nächster Nähe ist hier häufig bereits zielführend.

Die integrierte Zeitleiste erfüllt gleich mehrere Funktionen: Zum einen kann darüber die Suche der Bilder nach ihrem Aufnahmedatum eingegrenzt werden. Zum anderen wählt man darüber einen Zeitpunkt aus, den das virtuelle 3D-Stadtmodell darstellen soll. Dazu sind die 3D-Gebäudeobjekte mit Zeitstempeln versehen, die die Errichtung bzw. Zerstörung des Gebäudes repräsentieren. Somit entsteht ein zeitdynamisches Stadtmodell. Als Drittes können über die Zeitleiste verschiedene historische Karten ausgewählt werden. Einerseits dienen sie als zusätzliche Orientierung während der Navigation im virtuellen Raum, andererseits spiegeln auch sie die historische Bebauungssituation wider. Durch die Kombination der Verortung der Fotografie mit der Rekonstruktion der Bebauung zum Aufnahmezeitpunkt durch das virtuelle 4D-Modell und

die Karten ist es möglich, die Situation des Fotografen bzw. der Fotografin nachzuempfinden.

Datengrundlage und -generierung

In einer ersten prototypischen Version des 4D-Browsers beschränkt sich der Datenbestand auf den Innenstadtbereich von Dresden. Über die letzten 100 Jahre vollzogen sich mehrere starke städtebauliche Veränderungen in diesem Gebiet. Mit seinen vielen historischen Bauten ist dieser Bereich aber auch für Kunsthistoriker von Interesse. Somit eignet er sich gut für die Erprobung verschiedener Anwendungsfälle, sowohl was die technische Entwicklung als auch die methodischen Fragestellungen anbelangt. Als Datengrundlage dient die umfangreiche Sammlung der Deutschen Fotothek⁶ von historischen Fotografien der Stadt Dresden. Aktuell sind ca. 3.600 Bilddigitalisate in der Anwendung integriert, davon sind etwas mehr als 2.000 bereits räumlich verortet.

Die Verortung der Bilder erfolgte manuell. Dabei wird ein Bild über das 3D-Modell gelegt und der Nutzende versucht, die Perspektiven durch Navigation in Einklang zu bringen. Diese Vorgehensweise ist jedoch sehr zeitaufwendig und erfordert viel Geschick. Lösungen sollen hier photogrammetrische Ansätze bieten. So ist es bereits möglich, die Bilder eines größeren Datensatzes relativ zueinander zu verorten und sogar 3D-Modelle daraus abzuleiten und zu generieren (*Structure-from-Motion*).⁷ Damit dies zuverlässig funktioniert sind allerdings viele Bilder notwendig, die sich in ihren Bildinhalten überschneiden, von vielen unterschiedlichen Standpunkten aufgenommen worden sind und möglichst gleichbleibende Belichtungsverhältnisse aufweisen. Diese Anforderungen erfüllen jedoch in aller Regel nur zeitgenössische Fotografien.

Mit historischen Fotografien (bzw. deren Digitalisaten) gestaltet sich dieser Prozess jedoch als schwierig. Sie weisen im Allgemeinen eine schlechtere Bildqualität auf (Rauschen, Belichtung, etc.) und zeigen zum Teil, bedingt durch die zeitliche Varianz, bauliche Veränderungen in der

6 URL: <https://www.deutschefotothek.de>.

7 Vgl. Noah Snavely/Steven M. Seitz/Richard Szeliski: Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D. In: ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH Proceedings) 25 (2006), H. 3, S. 835-846, DOI: [10.1145/1141911.1141964](https://doi.org/10.1145/1141911.1141964).

dargestellten Architektur. Die Anzahl der Bilder und die Variabilität der Kamerastandpunkte sind zudem reduziert. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt des Projektes ist daher, die photogrammetrische Bildverarbeitungs-pipeline soweit zu verbessern und zu erweitern, so dass diese auch auf historische Fotografien anwendbar ist⁸ und somit die Bilder in Zukunft automatisiert verortet und in die 4D-Anwendung integriert werden können.

Gleiches gilt für die 3D-Gebäudeobjekte. Das virtuelle 3D-Stadtmodell, das den heutigen Bebauungszustand zeigt, stammt von der Stadt Dresden. Allgemein können aktuelle Geodaten und einfache Gebäudemodelle meist von öffentlichen Einrichtungen bezogen werden. Modelle historischer Gebäude lassen sich derzeit noch nicht automatisiert aus den historischen Fotografien generieren und wurden daher ebenfalls zunächst manuell erstellt. Das Kartenmaterial, das die historische Bebauungssituation ergänzt und neben Gebäuden auch Straßennamen und weitere Infrastruktur aufzeigt, wurde wie die Fotografien von der Deutschen Fotothek bezogen.

Visualisierungen

Die räumliche-zeitliche Darstellung versetzt Nutzer*innen in die Lage, die Fotografien virtuell unmittelbar im Stadtgefüge wahrzunehmen, zu suchen, zu filtern und zu analysieren. Auf diese Weise kann der Bildkorpus aus neuen Perspektiven und mit neuen Fragestellungen⁹ betrachtet werden: Welche Bauwerke oder Gebäudeteile wurden aus welchen Perspektiven in welcher Zeit bevorzugt fotografiert? Hat sich das Aufnahmeverhalten von Fotograf*innen über die Zeit gewandelt? Diverse Visualisierungsmethoden sollen dabei unterstützen und ermöglichen es, Phänomene innerhalb großer Bildbestände zu erkennen und näher zu

8 Vgl. Ferdinand Maiwald u. a.: A 4D Information System for the Exploration of Multitemporal Images and Maps Using Photogrammetry, Web Technologies and VR/AR. In: *Virtual Archaeology Review* 10 (2019), H. 21, S. 1-13, DOI: [10.4995/var.2019.11867](https://doi.org/10.4995/var.2019.11867).

9 Vgl. Kristina Friedrichs u. a.: Creating Suitable Tools for Art and Architectural Research with Historic Media Repositories. In: Sander Münster/Kristina Friedrichs/Florian Niebling (Hgg.): *Digital Research and Education in Architectural Heritage (Communications in Computer and Information Science Book Series 817)*, Cham 2018, S. 117-138, DOI: [10.1007/978-3-319-76992-9_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76992-9_8).

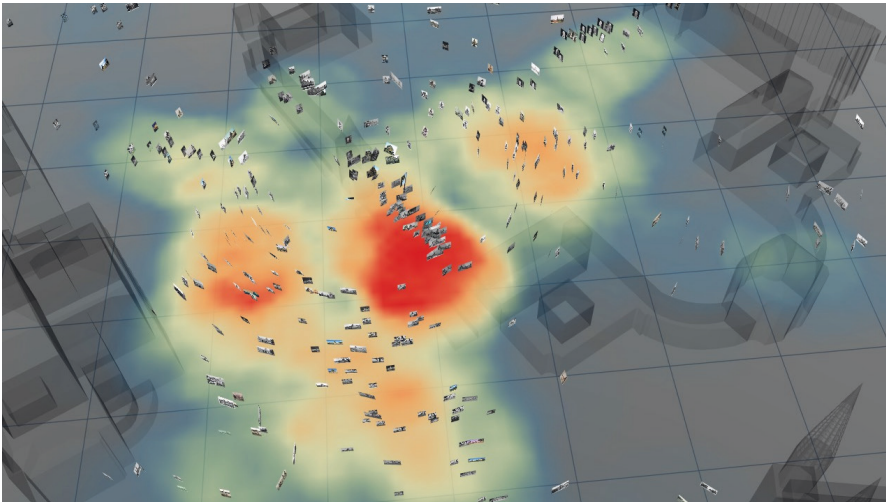


Abb. 2: Identifikation von Häufigkeiten von Kamerastandpunkten mittels *Heatmap*.

betrachten, die beim einfachen Browsen in einem Katalog im Verborgenen bleiben.

Je nach Fragestellung eignen sich unterschiedliche Visualisierungsmethoden. Eine grundlegende Methode mit Bezug auf räumliche Informationen ist die klassische *Heatmap* (Abb. 2). Mit ihr ist es möglich, die Verteilung von Kamerastandpunkten zu untersuchen und Häufungen zu identifizieren. Durch die Verschränkung von 3D-Stadtmodell und verorteten Fotografien ist es zudem möglich zu berechnen, welche Kamera welche Gebäude bzw. Gebäudeteile sieht. Eine erweiterte Version jener *Heatmap* kann somit Auskunft geben, welche Gebäudeteile häufiger abgelichtet wurden als andere (Abb. 3). Neben Position und Blickwinkel der Kamera fließen außerdem Position und Ausrichtung der entsprechenden Gebäudeoberfläche sowie Sichtverdeckungen durch andere Gebäudeteile in die Berechnung mit ein.

Möchte man untersuchen, von welcher Seite ein Gebäude präferiert abgelichtet worden ist oder in welche Richtung die meisten Fotograf*innen blickten, spielen die Kameraorientierungen eine wichtige Rolle. Hierfür wurden mehrere Visualisierungsmethoden konzipiert und umgesetzt, die sowohl die Positionen der Kameras als auch die Aufnahmerichtungen sowie deren Streuung berücksichtigen und anzeigen (Abb. 4). Damit diese Streuung zur Geltung kommt, werden die Kameras

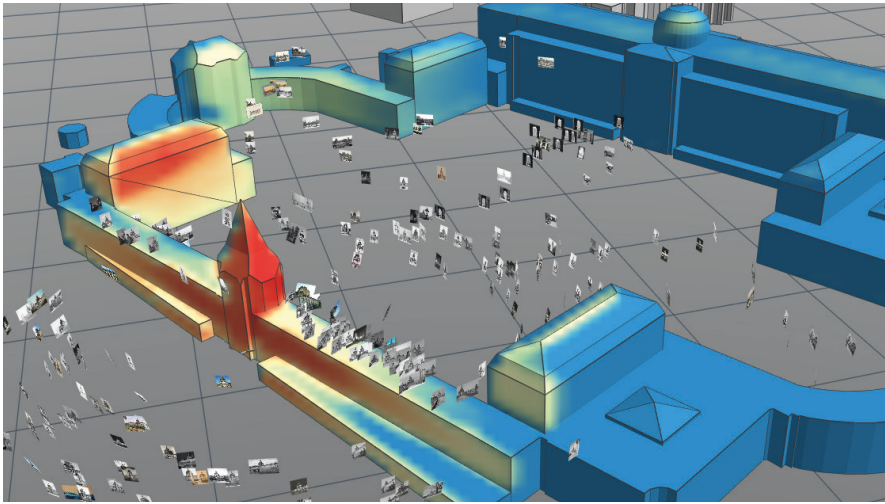


Abb. 3: Eine *Heatmap* auf der Gebäudeoberfläche gibt an, welche Gebäudeteile am meisten fotografiert wurden.

zu Clustern zusammengefasst (abhängig von der Nutzerperspektive). Die Größe und Farbe der einzelnen Segmente korreliert mit der Häufigkeit der entsprechenden Blickrichtung.

Ausblick

Die 4D-Browseranwendung hat das Potenzial, ein wertvolles Recherchewerkzeug für Kunst- und Architekturhistoriker*innen zu werden. Aber auch interessierten Laien wird ein alternativer Zugang geboten, historische Ansichten und die Entwicklungen der Stadt zu erkunden. Um dieses Potenzial auszuschöpfen, wäre allerdings weitere Entwicklungsarbeit nötig. Ziel des Projektes war jedoch nicht, eine ausgereifte, vollwertige Anwendung zu entwickeln, sondern einen Demonstrator um Methoden für die Rechercheunterstützung zu konzipieren und zu testen. Der Fokus lag demnach unter anderem auf der Entwicklung der grafischen Benutzeroberfläche. Der Beispieldatensatz enthält lediglich Fotografien und Modelle des innerstädtischen Bereichs von Dresden. Allgemeine und öffentliche Workflows, um den Datensatz beliebig zu erweitern, sind nicht vorhanden.

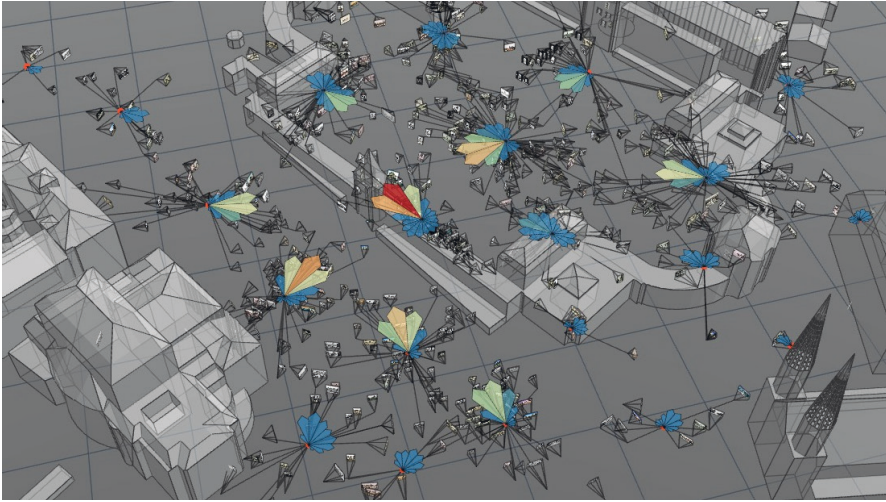


Abb. 4: Visualisierung der Distribution der Kamerastandpunkte und Blickrichtungen.

Ein des Öfteren nachgefragtes Feature ist die Möglichkeit, dass Nutzer*innen selbst Inhalte einpflegen können und somit den Datenbestand erweitern. Die damit verbundenen Problemstellungen können allerdings nicht vom Projekt gestemmt werden. Einerseits stellen sich in diesem Zusammenhang urheberrechtliche Fragen. Andererseits müssten die Beiträge moderiert bzw. überprüft werden, um einen gewissen Qualitätsstandard zu gewährleisten. Die dafür notwendige Implementierung von Nutzerkonten war bereits vorgesehen, allerdings niedrig priorisiert. Nutzerkonten böten weitere Möglichkeiten, Forschende in ihrer Recherche zu unterstützen. So ließe zum Beispiel umsetzen, Bilder je nach Forschungsfrage zu sammeln und beliebig in Kollektionen zu organisieren.

Das Projekt *HistStadt4D* ist inzwischen erfolgreich abgeschlossen. Eine Weiterentwicklung findet in diesem Rahmen daher nicht statt. Der entstandene Datensatz an verorteten Fotografien in Relation zu den 3D-Gebäudenmodellen sowie die 4D-Browseranwendung sind dennoch für Folgeprojekte von hohem Interesse. In bereits angelaufenen Projekten wird im begrenzten Rahmen die Weiterentwicklung und Erweiterung der Daten gewährleistet. Der Fokus verschiebt sich allerdings auf die Schwerpunkte des jeweiligen Projektes. Die Unterstützung der Recherche steht daher weniger im Mittelpunkt. Stattdessen werden Funktionalitäten

zur Datenverwaltung ausgebaut, um Inhalte einzupflegen können, die wiederum von Drittanwendungen abgerufen werden.

Zu jenen Folgeprojekten gehören *Denkmalschutz4D* (Friedrich-Schiller-Universität Jena) und *HistKI* (Ludwig-Maximilians-Universität München, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Friedrich-Schiller-Universität Jena).¹⁰ Bei ersterem sollen die Vielfalt und die Veränderungsprozesse von Baudenkmalern im Stadtkontext für Bewohner und Touristen, aber auch für Kinder und Jugendliche virtuell sichtbar und erlebbar gemacht werden. Dies erfolgt über eine browserbasierte Visualisierung auf Mobilgeräten, in der die 4D-Stadtmodelle durch weitere Informationsinhalte zu anthropogenen Einflussfaktoren angereichert sind. Das Projekt *HistKI* will die Unterstützung und Modellierung von Bildquellenrecherche und -kritik als komplexe und grundlegende geschichtswissenschaftliche Arbeitstechnik durch multimodale KI-basierte Verfahren erforschen. Dieses interdisziplinäre Projekt vereint Kunstgeschichte, Linguistik und Computerwissenschaften und greift ebenfalls auf die in *HistStadt4D* generierten Daten zurück und kann diese perspektivisch sogar verbessern bzw. erweitern.

Forschungsförderung

Die diesem Beitrag zugrunde liegende Forschung ist Teil der Aktivitäten der Nachwuchsforschungsgruppe *HistStadt4D*, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Fördervereinbarung Nr. 01UG1630A/B gefördert wurde.

¹⁰ Vgl. die Angaben auf der Seite der Juniorprofessur für Digital Humanities (Bild/Objekt) an der FSU Jena, URL: <https://www.gw.uni-jena.de/fakultaet/juniorprofessur-fuer-digital-humanities-bild-objekt/forschung>.