

Stadtgeschichtliche Forschung anhand räumlich- und zeitlich verorteter Photographien

Florian Niebling¹, Sander Münster², Ferdinand Maiwald³, Jonas Bruschke¹ & Kristina Friedrichs⁴

Human-Computer Interaction, Julius-Maximilians-Universität Würzburg¹

Medienzentrum, TU Dresden²

Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Dresden³

Institut für Kunstgeschichte, Julius-Maximilians-Universität Würzburg⁴

Zusammenfassung

Forschung in den Digital Humanities (DH) erfordert die Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen aus Geistes- und Kultur-, Ingenieur- und Informationswissenschaften. Die Fragestellungen, die sich dabei aus geisteswissenschaftlicher Perspektive stellen, werfen dabei auch neue Forschungsfragen gerade für die eher angewandten Teilgebiete der Informatik auf. Wir präsentieren Ergebnisse einer interdisziplinären Nachwuchsforschergruppe, die Medienrepositorien historischer Photographien, Zeichnungen und Pläne um räumlich-zeitliche Zugänge erweitert. Es werden Methoden entwickelt um historische Abbildungen von Gebäuden in ein räumliches und zeitliches Modell einzubringen und dieses für architekturwissenschaftliche Forschung zugänglich zu machen. Am Beispiel Dresdner Stadtgeschichte werden Forschungsfragen der Geschichtswissenschaften, Photogrammetrie, Bildungswissenschaften und verschiedenen Bereichen der Informatik bearbeitet.

1 Einleitung

Photographien und Pläne sind wichtige Quellen der architekturgeschichtlichen Forschung und damit zentrale Forschungsgegenstände der Digital Humanities. Bildrepositorien, als Bewahrungsorte kulturellen Erbes, stehen schon seit einigen Jahren im Fokus der Digitalisierungsbemühungen und werden im Zuge dessen Forschern und Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten der Nutzung für Forschung und Vermittlung im kulturgeschichtlichen Bereich. Architekturhistorikern wird hiermit einerseits ermöglicht, ihre Untersuchungen auf einen größeren Fundus an Quellen aufzubauen. Andererseits ergeben sich neue methodische Ansätze aus innovativen Software-Werkzeugen, die bei der

Erstellung von Datierungen, stilkritischen Betrachtungen, der Zuweisung von Autorenschaften oder bauarchäologischen Untersuchungen unterstützen [1].

Forschungsanliegen aus der Architekturgeschichte beschäftigen sich dabei bspw. mit der Veränderung von Gebäuden, Stadtteilen und auch ganzer Städte über die Zeit. Fragestellungen beinhalten unter anderem den Kontext der Entwicklung historischer Stadtansichten, sowie Abhängigkeiten die sich zwischen photographischer Abbildungskultur und Stadtentwicklung ergeben.

Digitale Bildrepositorien wurden nach dem Vorbild der vormaligen analogen Bildarchive aufgebaut und bieten vor allem Funktionalitäten die von Benutzerschnittstellen großer Datenbanksysteme bekannt sind: Webbasierte Zugänge, Suchen anhand von strukturierten und unstrukturierten Metadaten, sowie facettierte Suche anhand vorgegebener Klassifikationen, sowohl als Ausgangsrecherche, als auch für die weitere Filterung von Suchergebnissen (siehe auch Abbildung 1).

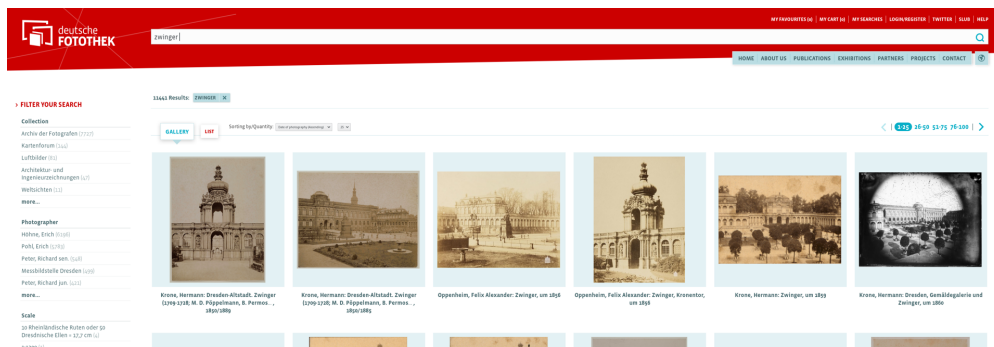


Abbildung 1: Webinterface zum Repositorium Deutsche Fotothek

Für die Beantwortung der eingangs aufgeworfenen Forschungsfragen im stark ortsbezogenen stadtgeschichtlichen Kontext sind diese Suchmethoden allerdings nur mäßig hilfreich. So ist es schwierig, relevante Quellen für die Fragestellungen zu identifizieren, zu analysieren und zu vergleichen.

Die Nachwuchsforschergruppe entwickelt Methoden und prototypische Umsetzungen, um ortsbezogene Zugänge zu großen Repositorien historischer Bilder, Skizzen und Pläne von Gebäuden zu schaffen [2]. Die Verbindung zwischen digitalen Bildrepositorien und Raumbezug verspricht dabei, durch eine Zusammenführung und nutzerzentrierte Präsentation von Informationsbeständen, ein umfassendes Repertoire technischer Unterstützungsoptionen geschichtswissenschaftlicher Forschungspraxis. Im Gegensatz zu bisherigen Zugängen zu Bild- und Planrepositorien wird durch die räumliche und zeitliche Verortung von Quellen ein hohes Maß an intuitiver Zugänglichkeit und Kontextbezug geschaffen. Zielanwender sind dabei Forscher im Bereich Architekturgeschichte und Kulturerbe, sowohl für die Forschung in der jeweiligen Domäne, als auch für die Verwertung und Verbreitung von Forschungsergebnissen bspw. in musealen und anderen touristischen Anwendungen.

Systematische Befragungen von Nutzern digitaler Bildrepositorien dienen als Ausgangspunkt für Konzepte technischer Unterstützungsoptionen [3]. Eine Basis für ortsbezogene Zugänge bietet dabei die photogrammetrische Analyse historischer Bilddokumente, um räumliche Beziehungen zwischen Abbildungen historischer Gebäude, sowie zur aktuellen Bausituation herzustellen. In diesem Beitrag stellen wir Ergebnisse der ingenieur- und informationswissenschaftlichen Disziplinen vor, denen die Beschäftigung mit spezifischen Fragestellungen der DH zugrunde liegt:

- Photogrammetrische Methoden für die Verortung großer Mengen historischer Bilder zueinander, bzw. zu einem gegebenen historischen 3D Modell.
- Eine browserbasierte Forschungsumgebung, die Historikern einen räumlichen Zugang zu Suchfunktionen bietet.

2 Photogrammetrische Ansätze für historische Photographien

Photogrammetrische Methoden ermöglichen es, aus Photographien oder Messbildern von Objekten, deren genaue räumliche Lage zu bestimmen. Photogrammetrische Aufzeichnungen werden daher bereits seit über 150 Jahren für die automatische Messung und Dokumentation von Gebäuden verwendet. Im Gegensatz zu manuellen Messungen stellen Photographien eine uninterpretierte Aufzeichnungsmethode dar, die es erlaubt, später noch völlig neue Aspekte durch weitere Analysen oder Analysemethoden zu finden. Beispiele für die Auswertung historischer Photographien können bspw. in Hemmleb [4] und Wiedemann et. al. [5] gefunden werden.



Abbildung 2: Geometrische Merkmalsextraktion aus historischen Gebäudephotographien

In der Vergangenheit wurden historische Photographien zumeist manuell ausgewertet, da häufig nur einzelne Objekte untersucht wurden, für die nur einige wenige Bilder vorlagen. Des Weiteren bieten automatisierte Methoden für die Auswertung der Ausrichtung von Photographien auf historischen Dokumenten, wegen deren spezifischen Eigenschaften, oft keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Für das Finden von Bildpaaren häufig verwendete Merkmalsdeskriptoren wie SIFT [6] oder SURF [7] führen wie bspw. von Ali et. al. [8] beschrieben, wegen der radiometrischen Merkmale historischer Photographien, nur selten zum Erfolg. Gründe hierfür sind im Rauschen, welches durch die Körnigkeit alter Filme verursacht wird, starke Unterschiede in der Belichtung zwischen Bildpaaren, sowie einer unzulänglichen Digitalisierung alter Fotoplatten zu finden. Diese überlagern das Bildsignal und erschweren die Merkmalserkennung oder machen sie sogar unmöglich [9].

Auf historischen Bildern werden deshalb bisher häufig nur einfache photogrammetrische Methoden angewendet, wie bspw. eine projektive Entzerrung planarer Bereiche wie Gebäudefassaden. In den hier vorgestellten Arbeiten untersuchen und verbessern wir geometriebasierte Ansätze wie Linienextraktion, die es in Verbindung mit Annahmen über Gebäudeeigenschaften (Parallelität und Orthogonalität von Linien, vertikale Flächen) erlauben, einfache Objektgeometrien und Posenschätzungen aus einzelnen Bildern zu extrahieren.

Bilder von Gebäuden sollen räumlich verortet werden, um für räumliche Suchanfragen zugänglich gemacht werden zu können. Wir unterscheiden dabei die Verortung von mindestens zwei Bildern zueinander, oder die Verortung von Bildern in Relation zu einem bestehenden 3D Modell. Der Fokus liegt dabei auf der Detektion der relativen Positionierung und Orientierung. Die absolute Verortung kann dann durch Direkte Lineare Transformation (DLT) oder Rückwärtsschnitt homologer Punkte in Modell und Bild erfolgen [10].

Unser aktueller vielversprechender Ansatz ist die Detektion von Vierecken in Photographien von Gebäudefassaden (siehe Abbildung 2), sowie das paarweise Finden dieser Merkmale in verschiedenen historischen Abbildungen (siehe Abbildung 3) [11].

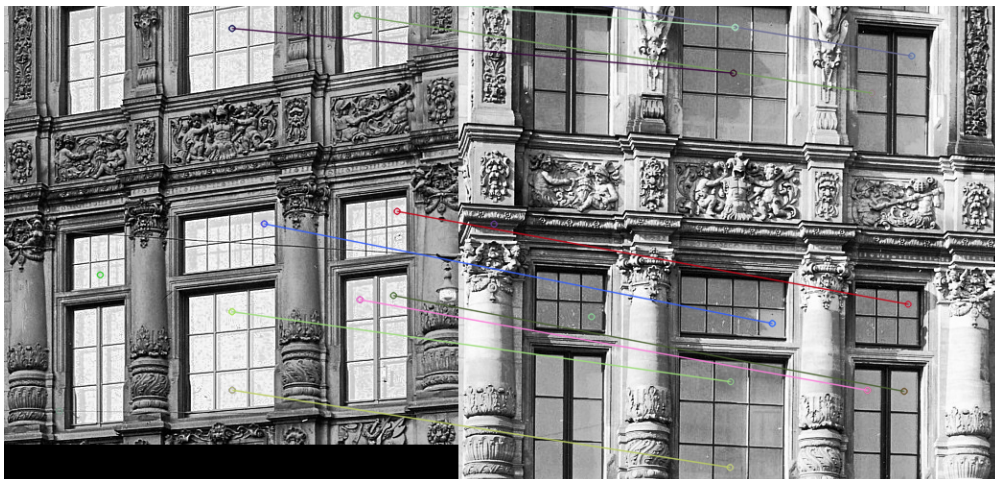


Abbildung 3: Paarweises Finden geometrischer Merkmale in verschiedenen Fassadenabbildungen

3 Eine browserbasierte Forschungsumgebung

Die Kenntnis über räumliche Verortung historischer Photographien ermöglicht die Erstellung neuartiger Benutzerschnittstellen für das Durchsuchen von Bildrepositorien, die weit über die bisherigen Methoden der heute verbreiteten schlagwortbasierten und facettierten Suche [12] hinausgehen.

Wir entwickeln ein webbasiertes Recherchewerkzeug, welches, zusätzlich zur Suche über Metadaten, einen räumlichen und temporalen Zugang bietet [13]. Die Erweiterung der Schlagwortsuche um ein 3D Darstellungsfeld und eine Zeitachse erlaubt eine räumliche Fokussierung auf bestimmte Gebäude oder Gebiete, ohne über ein detailliertes verbalisiertes Vorwissen über die zu untersuchenden Objekte verfügen zu müssen. Anhand des dargestellten Stadtmodells erhalten Nutzer ein intuitives Verständnis für die Orientierung der Photographien, Relation von Photographien zueinander, sowie die Situation des Photographen im Kontext der umgebenden Gebäudestrukturen [14] (siehe Abbildung 4).

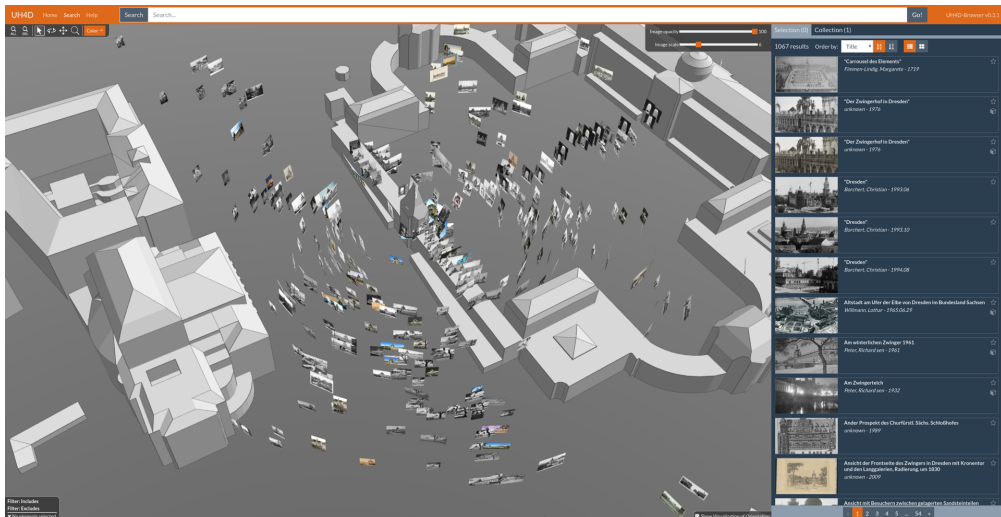


Abbildung 4: Räumlich zu einem Stadtmodell verortete Photographien von Stadtarchitektur in einer browserbasierten Forschungsumgebung

Den Benutzern wird die Möglichkeit gegeben den Standpunkt und die Orientierung der Kamera zum Zeitpunkt der Photographie einzunehmen, um das jeweilige Photodokument in seiner Entstehung zu begreifen. Suchergebnisse können dann auch weiter räumlich, bspw. gebäudespezifisch, gefiltert werden. Um ähnliche Bilder zu finden muss daher nicht mehr auf ähnliche Metadaten bzw. ähnliche Bildmerkmale, welche in historischen Photographien sehr unzuverlässig sind, zurückgegriffen werden. Photographien mit ähnlicher Aufnahmeposition und –orientierung können direkt im dreidimensionalen Raum ausgewählt werden.

Zusätzlich zu einer bildbasierten Darstellung entwickeln wir statistische Visualisierungsmethoden, welche die Verteilung von Gebäudeaufnahmen zu einem bestimmten Zeitpunkt, oder auch die Entwicklung der Verteilung über die Zeit, anschaulich machen.

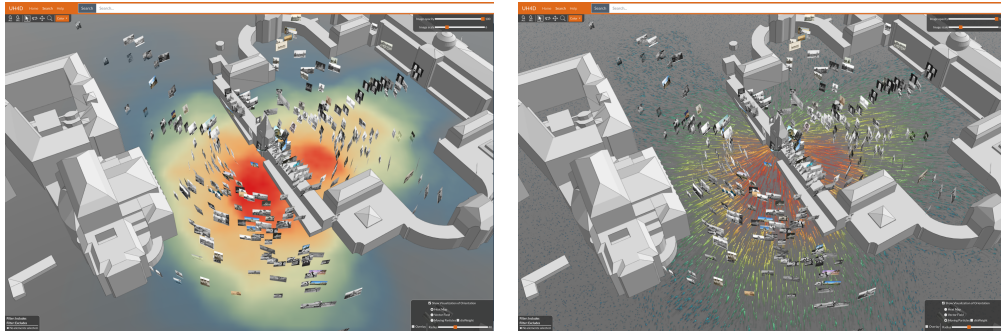


Abbildung 5: Statistische Verteilung von Bildquellen. Links: Heatmap (nur Positionen). Rechts: Animierte Partikel (Positionen und Orientierungen)

Bisherige Darstellungen verdeutlichen hierbei nur die Position von Bildquellen mittels Punktwolken, Heatmaps (vgl. auch Abbildung 5 links) oder Polygonen [15]. Für die vorgestellten Fragestellungen der stadtgeschichtlichen Forschung sind jedoch nicht nur Positionen, sondern auch Orientierungen von hohem Interesse, können abhängig von der Blickrichtung ja sehr unterschiedliche Objekte abgelichtet werden. Wir adaptieren hierfür bspw. aus der Strömungsvisualisierung bekannte Vorgehensweisen, wie animierte Partikelbahnen, für DH Kontexte, um damit neue Methoden der Darstellung statistischer Bildverteilung zu entwickeln (siehe auch Abbildung 5).

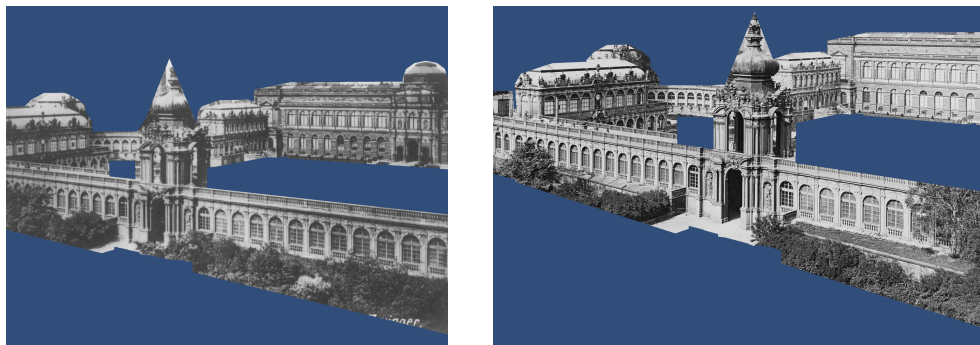


Abbildung 6: Verwendung historischer Photographien als Texturen für grob aufgelöste Gebäudemodelle

Als eine Möglichkeit des Vergleichs historischer Photographien von Gebäuden verwenden wir grob aufgelöste 3D Modelle, die entweder Vergrößerungen aus Structure-from-Motion Abläufen [16] darstellen, von Stadtvermessungsbehörden durch Messungen erstellt, oder zeitabhängig handmodelliert sein können. Die verschiedenen Photographien können dann

unter Verwendung ihrer räumlichen Verortung als Texturen für diese Modelle verwendet werden (siehe Abbildung 6). Dabei wird für jeden Vertex des 3D Modells eine Texturkoordinate in der Phototextur gefunden, durch Raycasting zur Position des Photographen durch die projektive Ebene der jeweiligen Photographie. Unterschiedliche Photographien können somit, abhängig von der Komplexität des Modells, in Echtzeit auf das Modell projiziert und damit, im Kontext der historischen Stadtarchitektur, verglichen werden.

4 Diskussion: Zwischen Tool-Erstellung und informationswissenschaftlicher Forschung

DH Anwendungen liefern sehr spezifische Fragestellungen, deren Beantwortung die Entwicklung und Untersuchung neuer Methoden notwendig machen, und damit auch den Forschungsstand der anderen beteiligten Disziplinen voranbringen. Im vorliegenden Fall betrifft dies bspw. den ingenieurwissenschaftlichen Teil der Photogrammetrie. Merkmalerkennung, wie in Abschnitt 2 beschrieben, funktioniert auf Digitalisaten historischer Glasbildplatten nur ungenügend. Bisherige Arbeitsabläufe sind daher noch stark manuell geprägt. Die beschriebene Integration von geometriebasierten Methoden, aber auch Verfahren des maschinellen Lernens, wie sie im ArchimediaL Projekt verwendet werden [17], sind vielversprechende Möglichkeiten für die zunehmende Automatisierung photogrammetrischer Abläufe, die ihren Ausgang in der Beschäftigung mit Anforderungen der DH haben.

In der wissenschaftlichen Visualisierung sind Darstellungsformen erforderlich, die heute gebräuchliche Methoden der statistischen räumlichen Visualisierung, wie bspw. Heatmaps, um Orientierungen der Bildaufnahmen erweitern. Statistische Bildanalysen beschränken sich bisher häufig auf Aufnahmepositionen, da in den dort verwendeten Repositorien wie Google Images, Flickr usw. Orientierungen nicht, oder nur sehr ungenau vorliegen. Hier bieten die vorgestellten Forschungsfragestellungen und Anwendungen aus den DH Anreize für die Erforschung neuer Darstellungsmethoden.

Die Weiterverbreitung von Forschungsergebnissen im Bereich des Kulturerbes setzte schon frühzeitig auf neuartige Methoden der Darstellung und Interaktion, wie bspw. die der Virtuellen und Erweiterten Realität (VR/AR). Im Bereich der Informationsmodellierung, Mensch-Computer-Interaktion und der Bildungswissenschaften entstanden dabei, durch museale und andere Verwertungsanwendungen, Weiterentwicklungen des Standes von Forschung und Technik.

Das Schaffen von Schnittstellen zwischen den Forschungsdisziplinen stellt eine wichtige und fortdauernde Aufgabe dar. Praktisch bewährt haben sich in unserer Arbeit beispielsweise Elemente wie eine gemeinsame Ergebnisvision, eine engmaschige Abstimmung und ein agiles Arbeitsvorgehen. Methoden der Nutzerzentrierten Gestaltung ermöglichen dabei einen kontinuierlichen vertieften Austausch und vergewärtigen Unterschiede in Begriffen, Herangehensweisen und Ergebnisverständnis der beteiligten Fachdisziplinen.

Literaturverzeichnis

1. Versteegen, U., *Vom Mehrwert digitaler Simulationen dreidimensionaler Bauten und Objekte in der architekturgeschichtlichen Forschung und Lehre*. XXIX. Deutscher Kunsthistorikertag, Regensburg, 2007.
2. Niebling, F., et al. *4D Augmented City Models, Photogrammetric Creation and Dissemination*. in *Digital Research and Education in Architectural Heritage*. 2018. Cham: Springer International Publishing.
3. Münster, S., et al., *Image libraries and their scholarly use in the field of art and architectural history*. International Journal on Digital Libraries, 2018: p. 1-17.
4. Hemmleb, M. *Digital rectification of historical images*. in *CIPA International Symposium, Olinda, published on CD-ROM and in print*. 1999.
5. Wiedemann, A., M. Hemmleb, and J. Albertz, *Reconstruction of historical buildings based on images from the Meydenbauer archives*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 2000. **XXXIII**(B5/2): p. 887–893.
6. Lowe, D.G., *Distinctive image features from scale-invariant keypoints*. International journal of computer vision, 2004. **60**(2): p. 91–110.
7. Bay, H., T. Tuytelaars, and L. Van Gool. *Surf: Speeded up robust features*. in *European conference on computer vision*. 2006. Springer.
8. Ali, H.K. and A. Whitehead, *Feature Matching for Aligning Historical and Modern Images*. International Journal of Computer Applications, 2014. **21**(3): p. 188-201.
9. Maiwald, F., et al., *Photogrammetric analysis of historical image repositories for virtual reconstruction in the field of digital humanities*. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2017. **42**(2): p. W3.
10. Hartley, R. and A. Zisserman, *Multiple view geometry in computer vision*. 2003: Cambridge university press.
11. Maiwald, F., et al., *FEATURE MATCHING OF HISTORICAL IMAGES BASED ON GEOMETRY OF QUADRILATERALS*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 2018. **42**(2).
12. Yee, K.-P., et al. *Faceted Metadata for Image Search and Browsing*. in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2003. Ft. Lauderdale, Florida, USA: ACM.
13. Brusckhe, J., et al. *Towards browsing repositories of spatially oriented historic photographic images in 3D web environments*. in *Proceedings of the 22nd International Conference on 3D Web Technology*. 2017. ACM.
14. Schindler, G. and F. Dellaert, *4D cities: analyzing, visualizing, and interacting with historical urban photo collections*. Journal of Multimedia, 2012. **7**(2): p. 124-131.
15. Hu, Y., et al., *Extracting and understanding urban areas of interest using geotagged photos*. Computers, Environment and Urban Systems, 2015. **54**: p. 240-254.
16. Longuet-Higgins, H.C., *A computer algorithm for reconstructing a scene from two projections*. Nature, 1981. **293**(5828): p. 133.
17. Mager, B.T., R. Siebes, and S. Khademi *Creating a Street View of the Past from Historical Images*. ICTOpen 2018, 2018.