

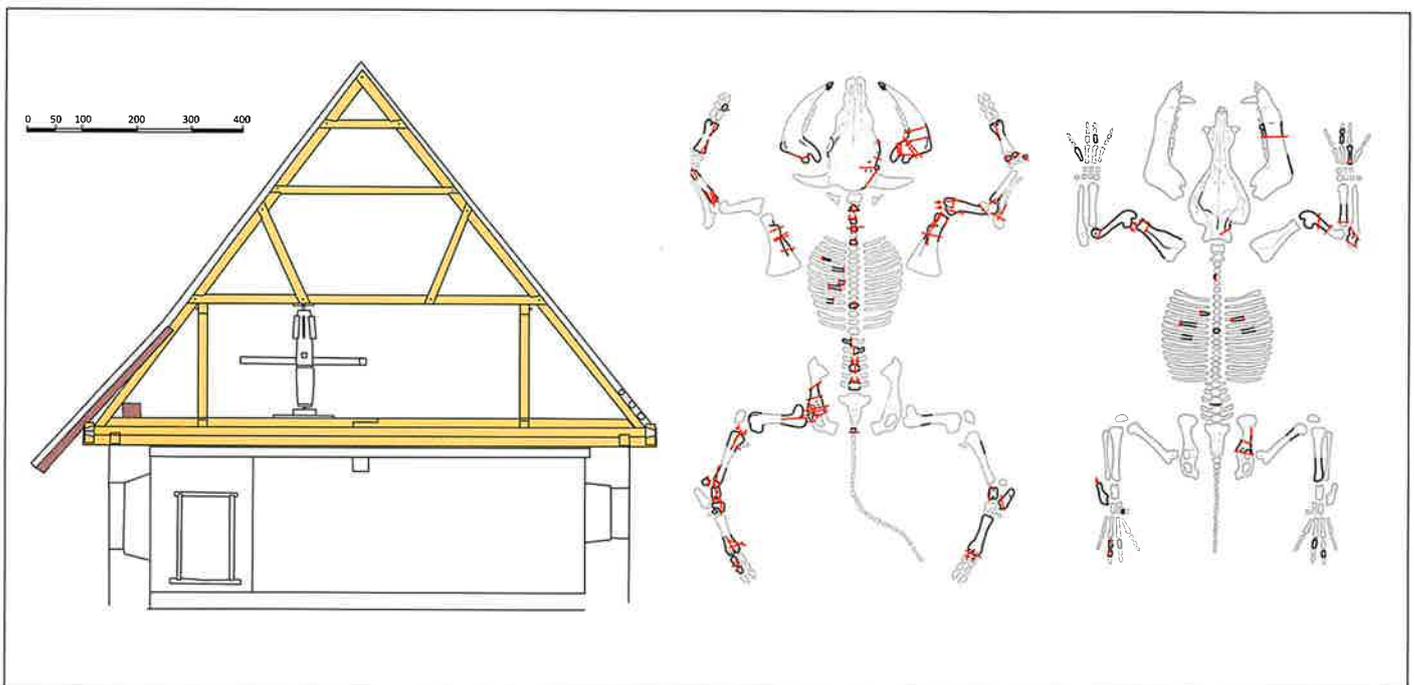


G. M. Vischer, Topographia Ducatus Stiriae, Graz 1681

SCHLOSS HANFELDEN EINST & JETZT

4. JAHRGANG

AUSGABE 4/2023



Schnitt: M. Aigner 2023 Grafik: B. Wimmer 2023

Einsatz von Photogrammetrie und terrestrischem Laserscanning zur Erfassung oberflächlicher Verwitterungsschäden an der Fassade des Schlosses Hanfelden

Wolfgang Sulzer, Josef Gspurning, Justin Catau, Viktor Kaufmann, Robert Fürhacker, Fabian Wack

Schlagnworte: Cultural Heritage; Fassadeninspektion; Photogrammetrie; Structure from Motion (SfM), Terrestrisches Laserscanning

Abstract

Das Schloss Hanfelden ist eines der wenigen Renaissanceschlösser in Österreich, dessen Erscheinungsbild trotz Umbauten im 18. Jahrhundert weitgehend jenem des 16. Jahrhunderts entspricht. Dazu gehört die Fassade mit Putzschichten aus dem 16. bis 18. Jahrhundert an der Süd- und Westseite. Im Hinblick auf die Festlegung meist konservatorischer Maßnahmen – die Fassade soll in ihrem „gewachsenem Zustand“ erhalten bleiben – ist es wichtig, die Fassaden aus Putz, Naturstein oder Ziegel auf das Ausmaß oberflächlicher Schäden – wie Verwitterung, Abplatzungen, Aufwölbungen oder Durchbiegungen – zu prüfen. Als Alternative zur visuellen Inspektion mit herkömmlichen Hubarbeitsbühnen oder Gerüsten stehen berührungslose 3D-Messsysteme zur Verfügung. Dazu gehören terrestrische Photogrammetrie, UAV-gestützte Photogrammetrie und terrestrisches Laserscanning (TLS). Die Ergebnisse der multitemporalen und multisensoralen Erfassung und Analyse der Westfassade werden dargestellt.

Einleitung

In den letzten Jahren sind Geospatial Technologies zu einem gängigen Werkzeug u.a. für Restauratoren, Architekten, Archäologen und Maler, die sich mit Aktivitäten im Bereich Cultural Heritage befassen, geworden. Dies zeigt sich in zahlreichen nationalen und internationalen Fallstudien.⁴²

Ziel dieses Artikels ist es, eine spezifische Anwendung von Photogrammetrie, Structure from Motion (SfM), terrestrischem Laserscanning und objektbasierten Klassifizierungstools vorzustellen, um detaillierte Informationen über den historischen und aktuellen Status der Fassade zu erhalten. Wäre es möglich, mit den angewandten Methoden der Geospatial Technologies neue Informationen über die Struktur und Entwicklung von Fassaden zu gewinnen? Dieser Beitrag geht über die reine Geovisualisierung des untersuchten Kulturerbes hinaus, sondern es wird versucht zusätzlich eine automatische Erfassung verschiedener Fassadenstrukturen und -schichten sowie der Veränderungen von 1986 bis 2022, die hauptsächlich durch Witterungseinflüsse verursacht werden, durchzuführen. Mit dieser Methodik

werden zusätzliche Informationen zur Baugeschichte durch die Visualisierung von Gebäudestrukturen (Baufugen) mittels verschiedener hochauflösender digitaler Oberflächenmodelle gewonnen. Die letztendlich gewonnenen Informationen werden dazu beitragen, Erhaltungs- und Wiederaufbauaktivitäten zu unterstützen.

Schloss Hanfelden

Was das Schloss Hanfelden (Lage in Abb. 34) besonders auszeichnet, ist sein unverfälschtes, authentisches Erscheinungsbild (Abb. 35). Dies ist darauf zurückzuführen, dass am Gebäude seit rund 250 Jahren keine größeren Veränderungen vorgenommen wurden und es optisch weitgehend der ältesten bekannten Darstellung von G. M. Vischer im Jahr 1681 entspricht (Abb. 36). Abb. 37 stellt das Schloss aus dem Jahr 1830 dar, wobei barocke Ornamente sichtbar sind, die ebenfalls teilweise noch heute an der Fassade zu sehen sind.⁴³

Ziel der seit 2015 durchgeführten Konservierungs- und Restaurierungsmaßnahmen ist vor allem die

42 El-Hakim et al. 2004, Kersten 2006, Kersten et al., 2012; Fassi et al., 2013; Micoli et al. 2013, Dostal 2014, Erenoglu et al. 2017, Maietti et al. 2018, Doumit 2019, Galantucci & Fatiguso 2019, Sulzer et al. 2021.

43 Nähere Informationen zum Schloss Hanfelden finden sich in Fürhacker/Theune 2016; Holleger 2018; Theune/Winkelbauer 2019; Theune et al. 2020.

Erhaltung der Originalsubstanz. Beschädigte oder fehlende Mauerteile werden stabilisiert oder ergänzt, fehlende Teile werden rekonstruiert, um einem weiteren Verfall vorzubeugen. Besonderes Augenmerk wird auf die Unversehrtheit des Daches des Hauptgebäudes gelegt.

Die Fassade der Süd- und Westseite des Schlosses weist mehrere Putzschichten auf, die mehreren zeitlichen Phasen zugeordnet werden können.

(1) Die **älteste Phase** (vor 1510), die sich soweit erkennbar auf das Erdgeschoss beschränkt, zeigt ein Bruchsteinmauerwerk aus mittelgroßen bis großen, bearbeiteten Steinen (0), deren Zwickel nachträglich mit in den Mörtel gepressten kleinen Steinen

oder Schlackestücken versehen und vermutlich nicht weiter verputzt wurde.

(2) Die **zweite Phase** (um 1510/30), die sich über die gesamte Süd- und Westfassade erstreckt, besteht aus einem einfachen, weiß gefärbten Putz. An der südöstlichen Ecke wurden ockerfarbene Quader mit einer Umrandung aus rotem Eisenoxid aufgemalt. Der Torrahmen in der Mitte der Westfassade ist dieser Phase zuzurechnen.

(3) Die **dritte Phase**, die auch im Vischer-Stich (1681, **Abb. 36**) zu sehen ist, weist ebenfalls eine weiße Färbung auf. Obwohl keine Eckquader aufgemalt wurden, finden sich vor allem im südlichen Bereich der Westfassade Reste einer flächigen Bemalung.



Abb. 34: Lage des Schloss Hanfelden (Grafik: Sulzer 2023).



Abb. 35: Perspektivische Ansicht von Westen (Foto: Sulzer 2023).



Abb. 36: Schloss Hanfelden (1681), (G. M. Vischer: *Topographia Ducatus Stiriae*, 1681.

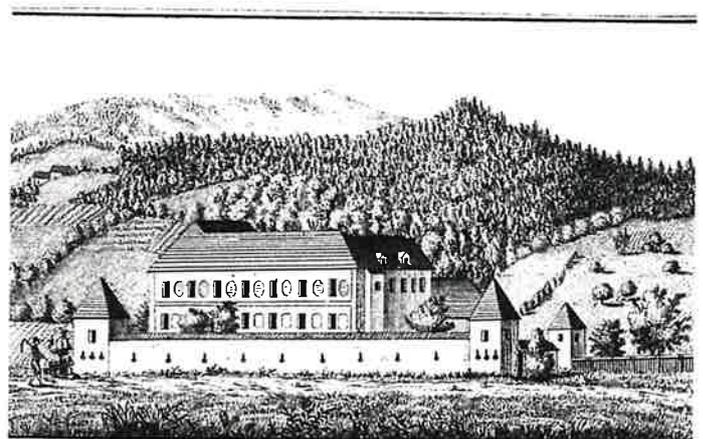


Abb. 37: Schloss Hanfelden (1830), J. F. Kaiser - lithographirte Ansichten der Steyermärkischen Städte, Märkte und Schlösser, Graz 1824-1833.

Da sich die Putzschichten von Phase 2 und Phase 3 sehr ähneln, ist eine eindeutige Zuordnung nicht immer möglich.

(4) Die **jüngste und letzte Putzschicht** besteht aus einem barocken braungrauen Strukturputz (um 1730), der auf den weißen Putz aufgetragen wurde. Im Erdgeschoss befand sich eine große Sockelzone mit Quaderdarstellungen, zwischen den Geschossen verliefen horizontale Gesimsbänder und im ersten und zweiten Obergeschoss waren zwischen den weiß gefassten Fenstern rechteckige und profilierte Zierfelder angebracht. Die südöstliche Ecke wurde erneut mit Quadersteinen bemalt.

Multitemporale und multisensorale Analysen der Westfassade

Die **Photogrammetrie** ermöglicht die Erstellung präziser 3D-Modelle aus zweidimensionalen Bildern. Dabei handelt es sich um eine 3D-Technik, bei der mehrere aus unterschiedlichen Winkeln aufgenommene Bilder verwendet werden, um ein 3D-Modell eines Objekts oder einer Szene zu erstellen. Es ist ein vielseitiges Werkzeug, das in vielen Bereichen eingesetzt werden kann; beispielsweise in der Vermessung, im Ingenieurwesen, in der Architektur, im 3D-Druck und in der Entwicklung von Videospielen. Die Photogrammetrie ist auch eine Methode, die bei der Erhaltung von Kulturdenkmälern, Museumsobjekten oder Baudenkmalen eingesetzt wird. Die Photogrammetrie bietet viele Vorteile (Genauigkeit, Präzision, Kosteneinsparungen und Geschwindigkeit) gegenüber herkömmlichen 3D-Modellierungsmethoden. Bei der Suche nach einer effizienten und kostengünstigen Möglichkeit, genaue 3D-Modelle zu erstellen, kann die Photogrammetrie die perfekte Lösung sein.⁴⁴

„**Structure from Motion**“ (SfM) ist eine Technik, die Photogrammetrie und Computer Vision kombiniert und Orthofotos und 3D-Oberflächenmodelle basierend auf überlappenden Bildern von Drohnen (UAV) oder herkömmlichen Kameras rekonstruiert.⁴⁵ Orthofotos sind maßstabsgetreue und verzerrungsfreie

Parallelprojektionen auf eine Referenzebene.⁴⁶ Die Erstellung solcher Orthofotos historischer Fassaden ermöglicht deren Dokumentation und Analyse für zahlreiche Anwendungen wie Restaurierung, Denkmalpflege, Visualisierung, Analyse des baulichen Zustands und von Schäden.⁴⁷ Diese stellen daher einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung des kulturellen Erbes oder kulturell wertvoller Objekte dar.⁴⁸

Die Frage nach der Bedeutung des (terrestrischen) **Laserscannings** im Kulturerbe-Kontext und wie es im Vergleich zu anderen modernen Technologien zu bewerten ist, kann als Gegenstand vieler grundsätzlicher Diskussionen angesehen werden. Stellvertretend hierfür ist die Arbeit von Eppich und Hadzic (2013), in der die Autoren auf der Grundlage einer Durchsicht der einschlägigen Kulturerbe-Literatur versuchen, die Wechselwirkungen zwischen Geotechnologie und deren Nutzbringungen im Bereich der „cultural heritages“ aufzuzeigen. Die Studie zeigt deutlich, wie und in welchem Umfang bestimmte Technologien Einzug in den Bereich des Kulturerbes gehalten haben. Bemerkenswert ist einerseits die lange Tradition konventioneller Vermessungsinstrumente wie Theodolit oder – mit einiger Verzögerung – Digitalkameras und GNSS; andererseits dokumentiert dies auch die rasant zunehmende Durchdringung des Forschungsgebiets durch Thermographie und Laserscanning. Betrachtet man die Arbeit aus der Perspektive der Anwendungen lässt sich erkennen, dass Laserscanning meist nur im Erfassungsprozess eine Rolle spielt; die Weiterverarbeitung findet in Geoinformationssystemen und die Visualisierung meist mittels Augmented/Virtual Reality statt.

Im Schloss Hanfelden konnten die Grazer Universitäten (Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz und Institut für Geodäsie der Technischen Universität Graz) im Rahmen der NAWI Graz Kooperation verschiedene Methoden der Fernerkundung, wie Photogrammetrie und Laserscanning, sowie Geovisualisierung einsetzen. Ziel war es, ihr Potenzial bei der Erfassung und Präsentation eines einzigartigen kulturellen Erbes zu dokumentieren.⁴⁹ Klassische Aufnahmen des Schlosses stammen

44 Aicardia et al. 2018.

45 Sulzer et al. 2021.

46 Donath 2008.

47 Kersten et al. 2012.

48 Sulzer et al. 2021.

49 Sulzer et al. 2021.

von Aigner (2002). Grundlegende photogrammetrische Messungen wurden 1986 von der Technischen Universität Graz durchgeführt. Wiederholte photogrammetrische Messungen und Aufnahmen der Fassade des Schlosses wurden 2019 durchgeführt. Darüber hinaus wurden UAV-Flugkampagnen eingesetzt, um hochpräzise Orthofotos, Luftbildkarten und Oberflächenmodelle zu erstellen. Daraus wurden dreidimensionale Visualisierungen des Daches, der Fassaden von den Jahren 2019 und 2022 abgeleitet. Diese Initiativen wurden durch terrestrisches Laserscanning der Ringmauer, der Fassaden und des Innenhofs unterstützt.



Abb. 38: Scanposition befindet sich etwa 10 m vor der Fassade in einer Höhe von 2,6 m.

Structure from Motion (SfM) ist somit ein topographisches Vermessungsverfahren, das dreidimensionale (3D) Punktwolken und damit Orthophotos und digitale Höhenmodelle (DHM) auf Basis zweidimensionaler (2D) Bilder erzeugen kann. Algorithmen werden verwendet, um passende Punkte aus einer Auswahl überlappender Bilder – zum Beispiel verschiedene Positionen und Winkel – eines untersuchten Objekts zu registrieren. Dadurch können die Kamerapositionen und -ausrichtungen berechnet und die Punktwolken bzw. Modelle in einem beliebigen Referenzsystem ausgegeben werden. Daher ist der Bedarf an Referenzdaten und Bodenkontrollpunkten (GCP) für die Georeferenzierung und Skalierung unumgänglich (Carravick et al., 2016). Grundsätzlich ist SfM eine flexible und kostengünstige Alternative zu TLS und ermöglicht die Erstellung von hochauflösenden Orthofotos und digitalen Oberflächenmodellen auf Basis von UAV-Bildern. Anhand der Aufnahmen aus den Jahren 2019 und 2022 können Veränderungen im Zustand der Fassade ermittelt werden.

Bei der Erfassung der Fassaden mittels terrestrischen Laserscannings (TLS) musste natürlich die Scandichte am Objekt (also der Fassade) möglichst hochgehalten werden. Um dies zu erreichen, musste ein ausgewogenes Verhältnis zwischen der einzustellenden Scan-Schrittweite und dem Abstand zum Objekt gewählt werden. Bei diesen Vorgaben (möglichst größer als 5m von der Fassade entfernt, ergab sich das Problem, dass die Umfassungsmauer von Hanfelden die optimale Positionierung zu verhindern drohte. Die Mauer hätte die unteren Teile des Gebäudes abgedeckt. Aus diesem Grund wurde anstelle des üblichen Stativs ein Teleskopstativ verwendet, mit dessen Hilfe die

Scanplattform auf eine Höhe von 2,6 m angehoben werden konnte und so eine freie Sicht auf die gesamte Westfassade gewährleistet war (Abb. 38).

Die 2D-Darstellungen wurden anhand der entzerrten Bilder (Orthophotos) der Gebäudefassaden aus den Jahren 2019 und 2022 erstellt, die im Rahmen des SfM-Verfahrens entstanden sind. Zusätzlich zu aktuellen digitalen Bildern ermöglichen referenzielle Archivadokumente aus dem Jahr 1986 die Charakterisierung und Quantifizierung des Zustands des Fassadenverfalls im Laufe der Zeit. Darüber hinaus wurden verschiedene Ebenen/Kategorien für die Kartierung und Digitalisierung der Fassadenmerkmale verwendet (siehe Kapitel „Schloss Hanfelden“ und Legende in Abb. 43). Zur Differenzierung der Merkmale wurden die Materialien und der Zustand der Fassade berücksichtigt.⁵⁰ Darüber hinaus wurden Liniensignaturen für das Jahr 2022 verwendet, um Risse und Abblätterungsprozesse an der Fassade hervorzuheben.

Ergebnisse

In Sulzer et al. (2021) wird die Erstellung der Orthophotos und Luftbildpläne 2019 dokumentiert. Die geometrische Auflösung des Orthofotos beträgt 2mm/Pixel (Abb. 39).

Mit der SfM-Methode für die UAV-Daten wurden zusätzlich Oberflächenmodelle und Orthofotos der

50 Patias et al., 2011.



Abb. 39: Orthophoto mit einer Auflösung von 2mm (links) und ein Orthophotoplan (1:100) der Westfassade (Sulzer et al. 2021).

Westfassade des Schlosses für die Jahre 2019 und 2022 erstellt. Die Auflösung von 2022 im Vergleich zu 2019 und 1986 ermöglicht einen hohen Detaillierungsgrad (Tab. 1). Einzelheiten zur Auflösung finden

sich in der Tabelle. Diese Unterschiede in der Auflösung – die der damaligen Technik und dem damaligen Verwendungszweck der Fotos entsprach – müssen bei der Interpretation berücksichtigt werden.

Tab. 1: Information zu UAV Bildern und SfM Statistiken

Jahr	Auflösung	Aufnahmen	Points Dense Cloud
2019	4.23mm/pix ortho & 1.69mm/pix DHM	539	3886370
2022	0.838mm/pix ortho & 3.35mm/pix DHM	1191	35953993

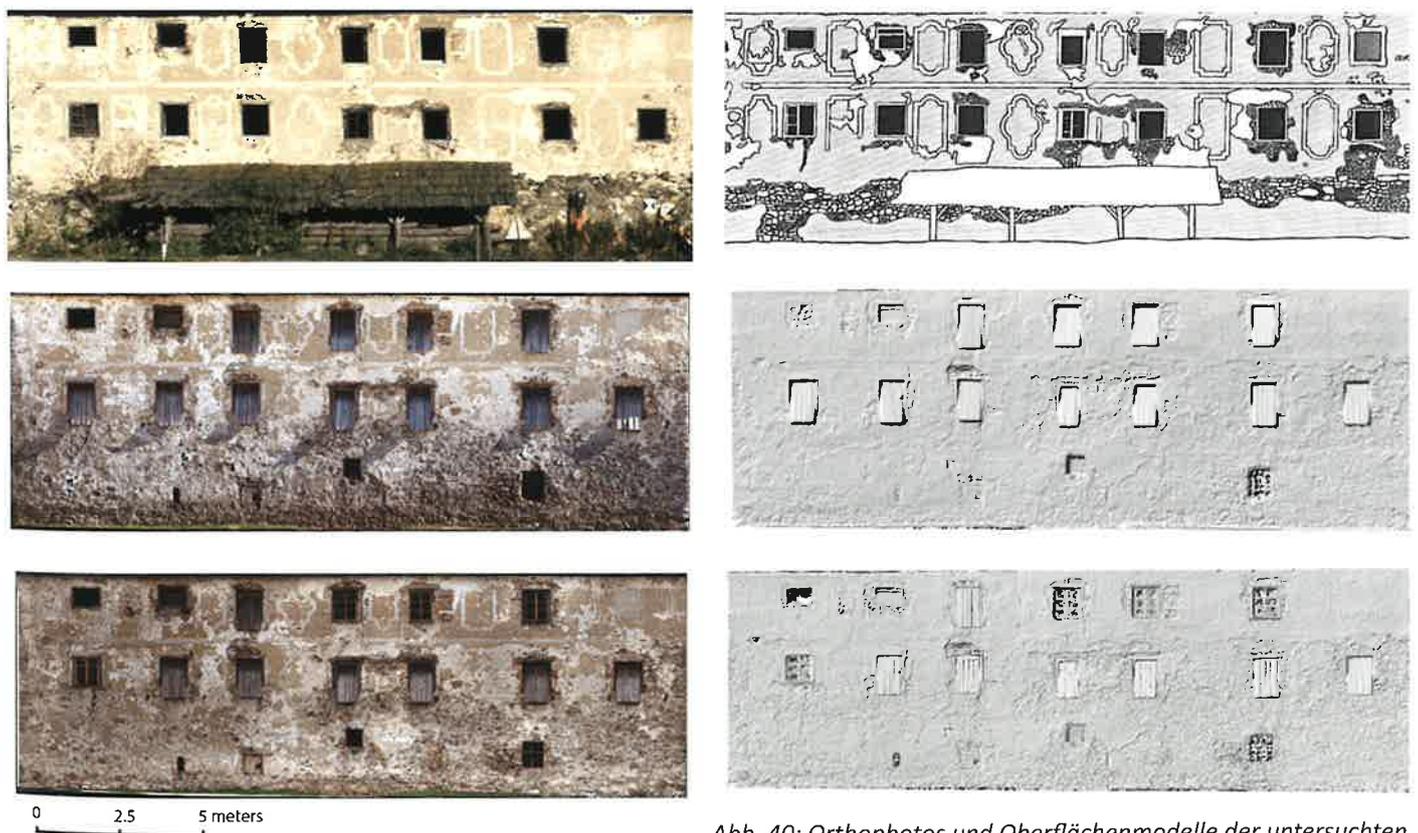


Abb. 40: Orthophotos und Oberflächenmodelle der untersuchten Jahre; sowie eine Fassadenskizze von 1986.

Die **Abb. 41** dokumentiert das Potenzial hochauflösender digitaler Oberflächenmodelle. Baugeschichtlich interessante Bauelemente wie der vertikale Riss in der Mitte der Abbildung treten hervor. Rechts davon befindet sich der neuere Teil des Schlosses. Zudem können verschiedene Putzschichten unterschieden und identifiziert werden (siehe **Abb. 44**), sowie Bereiche, in denen die Putzschichten aufquellen. Gerade diese Schäden müssen behoben werden, um vor fortschreitender Zerstörung zu schützen.



Abb. 41: Digitales Oberflächenmodell von 2022 (Detailausschnitt).

Punktwolke mit einer Größe von ca. 1 GB. Nach der Entfernung der für die Untersuchung nicht relevanten Streu- oder Hintergrundpixel blieben insgesamt etwa 23 Millionen Messpunkte zur weiteren Verarbeitung übrig. An dieser Stelle ist zu beachten, dass aufgrund des relativ großen horizontalen Scanwinkels naturgemäß unterschiedliche Abstände zum detektierten Objekt auftreten, die im vorliegenden Fall zwischen 7,8 m im Nadir und 18,8 m in den seitlichen Bereichen liegen. Anhand der Angaben des Geräteherstellers errechnet sich für den ersten (optimalen) Fall ein ungefährender Punktabstand von 2,7 mm, was ca. 137.175 Punkten umgerechnet auf eine Fläche von 1 m² entspricht.⁵¹ **Abb. 43** zeigt sehr gut die hohe Punktdichte und welche Details erkennbar sind. Durch den unterschiedlichen Reflexionsgrad der Wandflächen sind Strukturdetails wie Ornamente an der Wand oder auch Bauschäden sehr gut erkennbar.

Der Jahresvergleich (1986, 2019 und 2022) zeigt erwartungsgemäß, dass die Westfassade von 1986 bis 2019 die größte sichtbare Verschlechterung auf der Mesoskala (cm bis m) erleidet.⁵² Allerdings zeigt

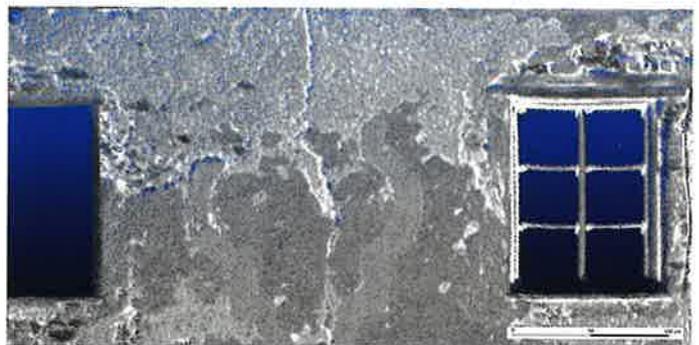


Abb. 43: Digitales Oberflächenmodell von 2022 (Detailausschnitt).

Die Aufnahme (**Abb. 42**) zeigt das erste Scanergebnis. Die Punktwolken, bestehend aus ca. 25 Millionen Einzelpunkten wurden nicht verarbeitet, sondern lediglich farbig zur besseren Visualisierung dargestellt. Die roten Kreise markieren die an der Wand angebrachten Reflektoren, die zur Georeferenzierung dienen. Als Ergebnis des Scans der Westseite des Hauptgebäudes von Hanfelden entstand bei einer relativ kurzen Laufzeit von ca. 20 Minuten eine



Abb. 42: Rohscan der Westfassade.

⁵¹ Gspurning et. al., 2021.

⁵² Viles et al., 2011.

sich, dass insbesondere der südliche Teil - also der rechte Teil der Fassade - anfälliger ist, was sich insbesondere an der Optik der unteren Schichten wie dem Mauerwerk und der groben Beschaffenheit zeigt. Auch der Vergleich der Jahre 2019 und 2022 zeigt, dass in diesem Teil die größten Unterschiede auftreten und dass in diesem Bereich Handlungs-

bedarf besteht, auch wenn die Veränderungen auf der Mikroskala (mm bis cm) stattfinden. Insgesamt wurden zahlreiche Veränderungen im mm- und cm-Bereich festgestellt, wobei zu berücksichtigen ist, dass nicht sichtbare Verschlechterungen im Nanomaßstab (<mm) mit dieser Methode nicht untersucht werden können.

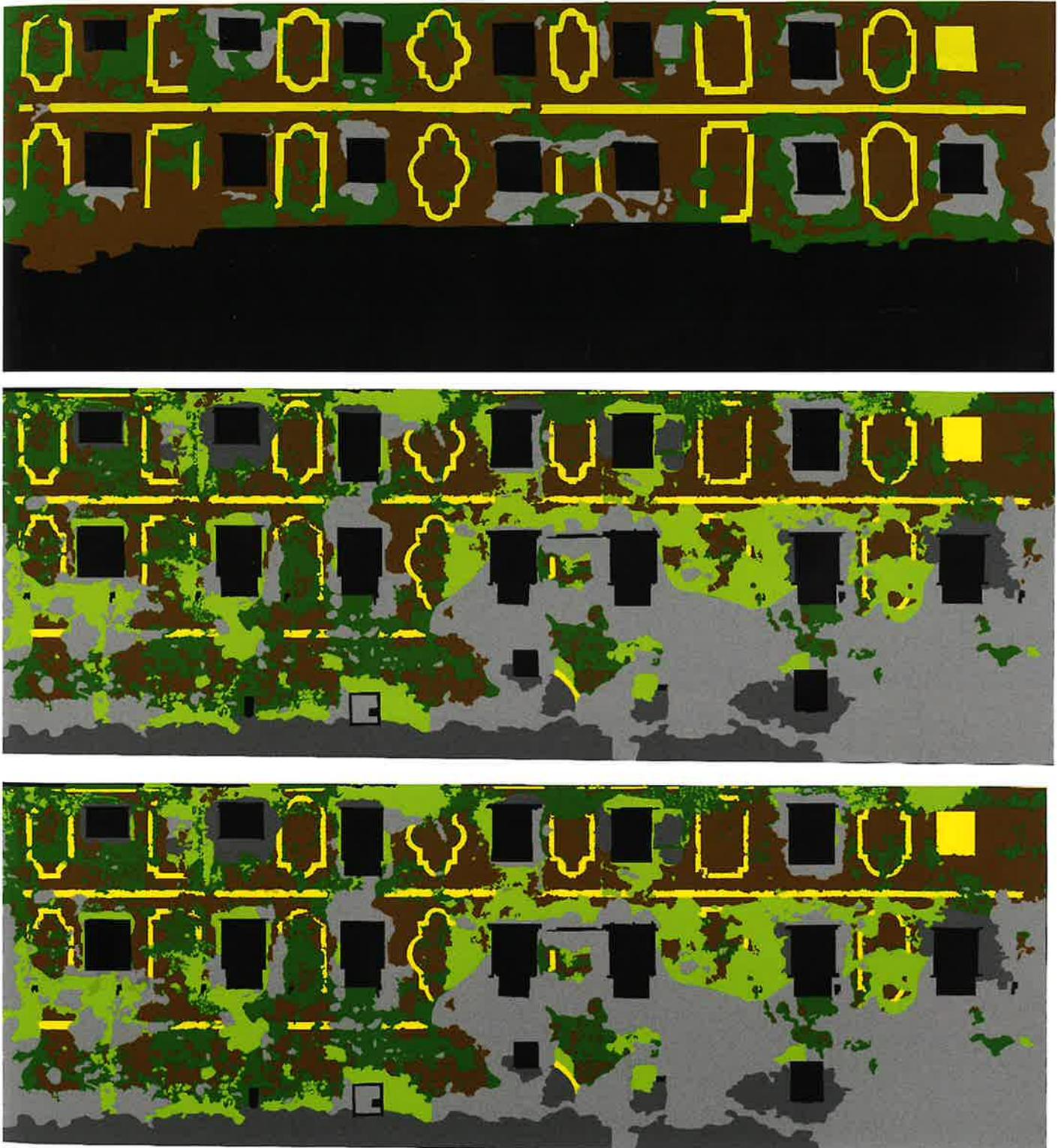
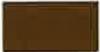


Abb. 44: Objektbasierte Klassifikation der Westfassade 1986 (oben), 2019 (mittig) und 2022 (unten).

- | | | | | | |
|---|---|---|----|---|---|
| 0 |  | Mauerwerk | 4a |  | Bräunlich-grauer Strukturputz (keine Farbschicht) |
| 1 |  | Grobe Zusammensetzung hauptsächlich Putze mit kleinen Steinen | 4b |  | Ornamente und Dekorationen mit weißer Kalkschicht |
| 2 |  | Feinputz mit Kalktünche (ähnlich wirkender Putz mit Tünche aus zwei Epochen) | 5 |  | Sonstiges (Fenstermaske, Holz und Sichteinschränkungen/Ringmauer an der Fassade) |
| 3 |  | Feinputz ohne Kalktünche (wie 2) | | | |

Der Vergleich von 2019 und 2022 zeigt, dass der Zustand der Fassade nur auf einer kleinen Fläche bzw. im Detail erkennbar ist. Insgesamt wurden 70 Unterschiede (+) identifiziert, von denen jedoch nicht alle von signifikanter Bedeutung sind (6 von 70 betreffen signifikante Veränderungen, die größer und daher auffälliger sind; diese Kreuze sind in Abb. 45 markiert).

Abb. 46 dokumentiert eine Änderungserkennungsanalyse der Klassifizierungen 1986, 2019 und 2022. 2022 (grün) bedeutet, dass es intakte Schichten (Ornamente und Putzschichten, 4a und 4b in Abb. 44) gibt, die im Jahr 2022 nicht mehr vorhanden sind. Gelb (2019) repräsentieren die Veränderungen zwischen 2019 und 2022 bzw. die Teile, die es im Jahr 2022 nicht gibt. Die rote Farbe stellt die Putzschichten

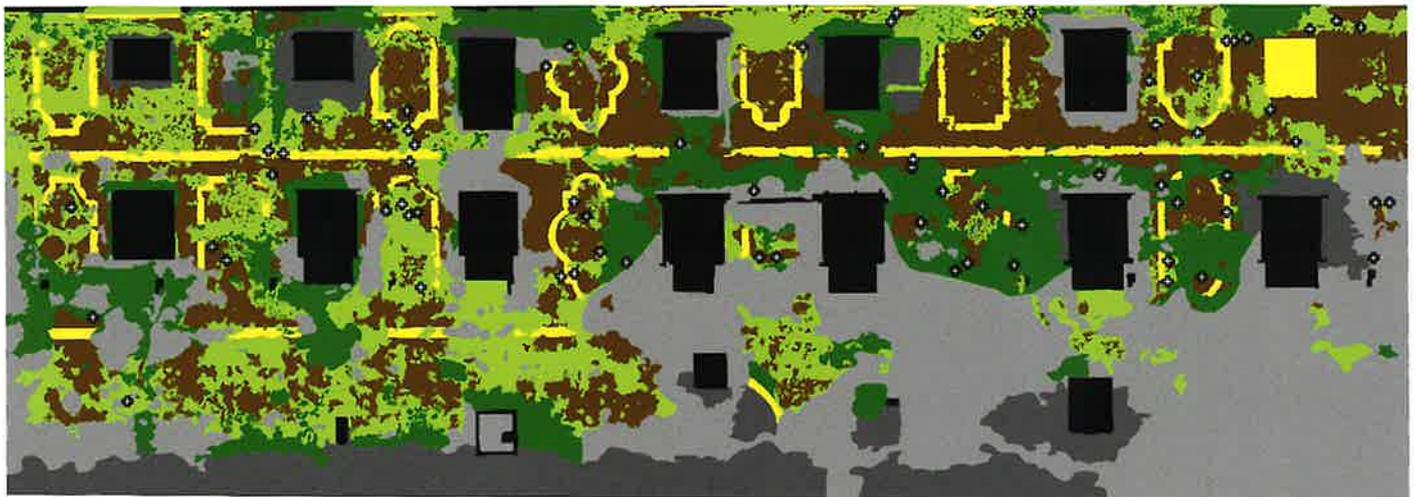


Abb. 45: Spots (+) an der Westfassade, an denen Veränderungen von 2019 bis 2022 auftraten.

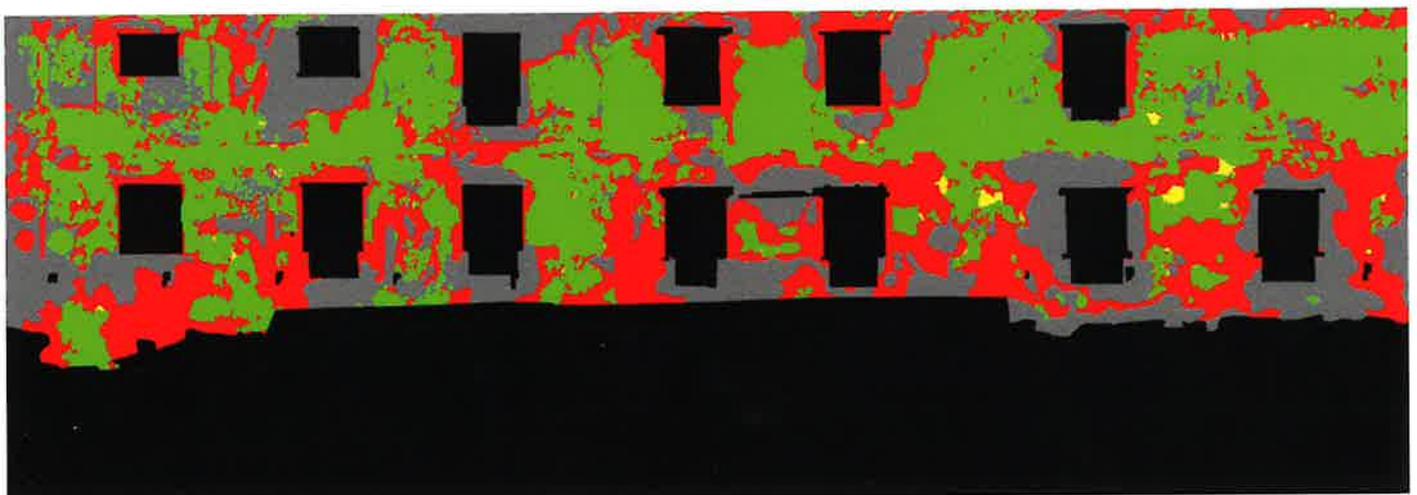


Abb. 46: Veränderungen an der Westfassade 1986, 2019 und 2022 (Erklärungen siehe Text).

(4a, 4b in Abb. 44) dar, die 1986 noch intakt gewesen sind. Die grülich gefärbten Teile waren 1986 noch nicht vorhanden und vorher verwittert. Schwarz

eingefärbte Bereiche stellen andere nicht sichtbare Teile der Fassade dar (z. B. Fenstermaske, Holz und visuelle Einschränkungen, wie durch die Ringmauer).

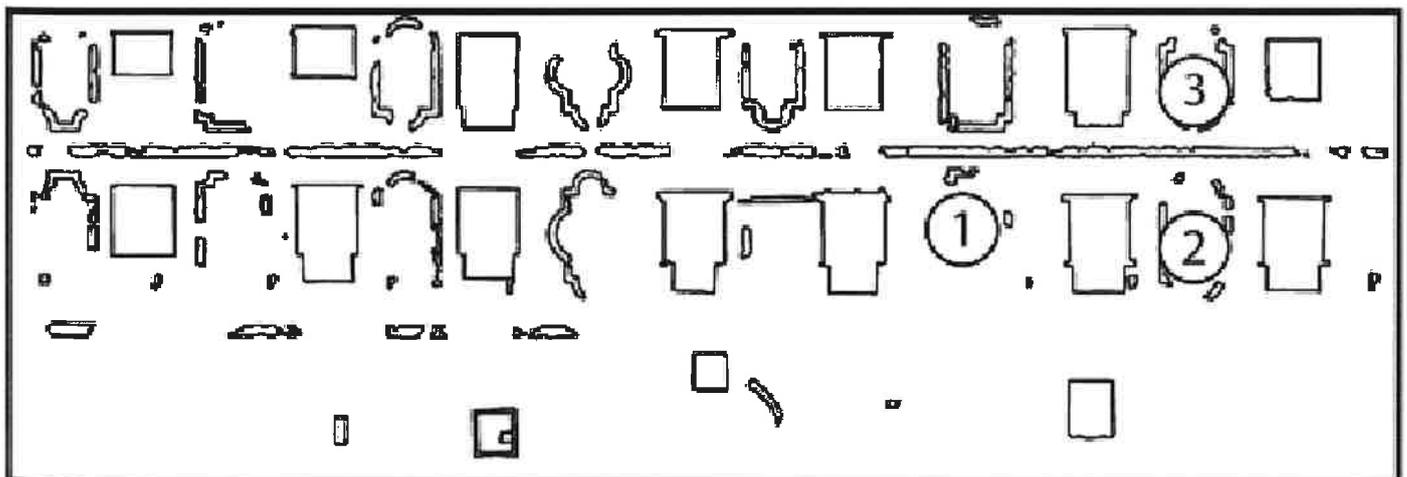
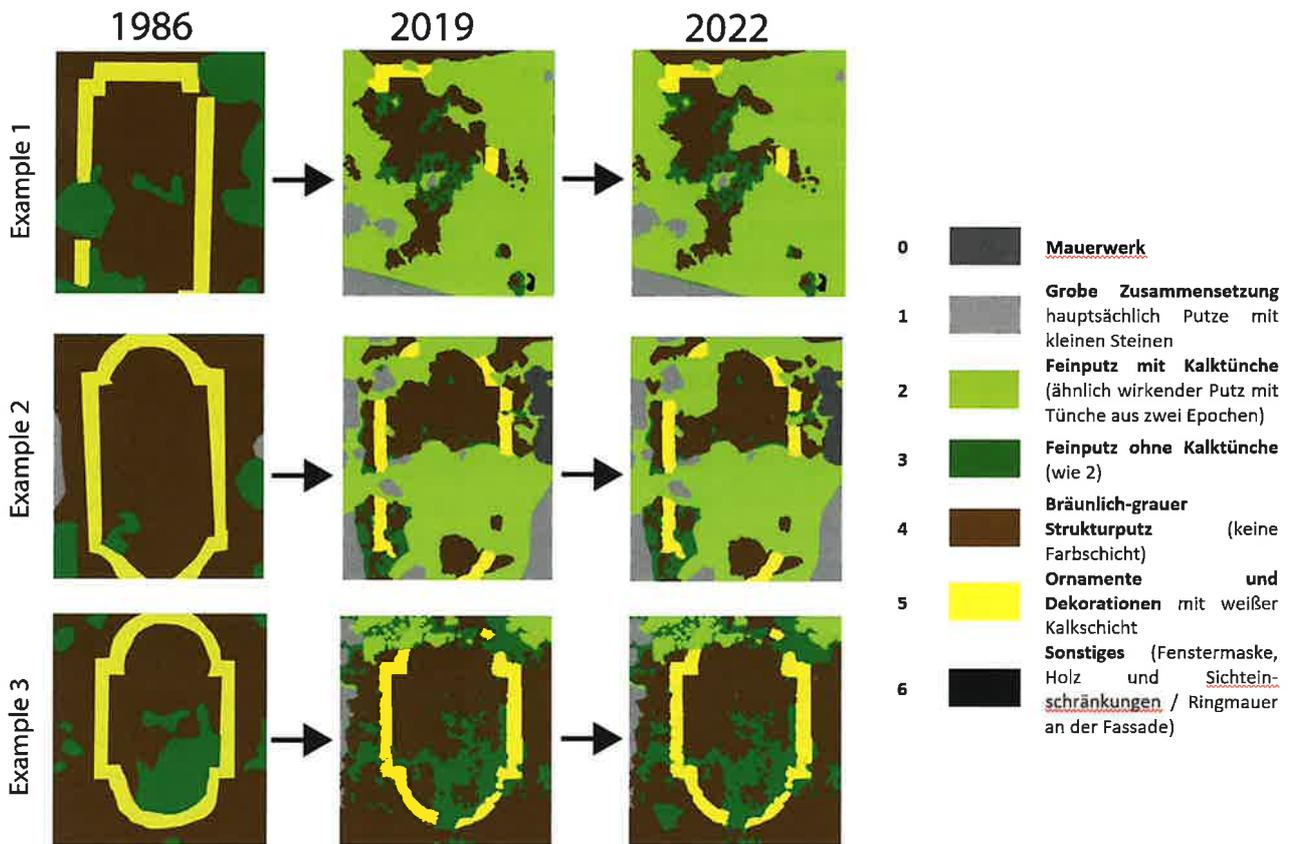


Abb. 47: Detaillierte Veränderungen an der Westfassade (1986, 2019, 2022).

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die implementierten Methoden der Geographischen Technologien erwiesen sich als sehr geeignet für die Daten- und Informationserfassung der Westfassade des Schlosses Hanfelden. Eine multitemporale und multisensorale Analyse liefert wichtige Informationen über den Zustand und die nahezu kontinuierliche Zerstörung durch Witterungseinflüsse. Das hier besprochene Beispiel lässt gut abschätzen, bis zu welchem Maßstab strukturelle Unregelmäßigkeiten in der Bausubstanz oder deren Veränderungen mit dieser Methode dokumentiert werden können.

Die mit Structure from Motion (SfM) erstellten Orthophotos und Digitalen Oberflächenmodelle repräsentieren eine optimale Dokumentation der Fassadenoberfläche. Damit ermöglichen sie der Bauforschung die Erfassung und Abbildung der Verputzphasen, deren relative zeitliche Einordnung und Materialbeschaffenheit. Darüber hinaus ist es möglich, durch regelmäßig wiederholte Fotokampagnen Veränderungen zu überwachen und festzustellen, ob die Verschlechterung gestoppt worden ist oder nach der Umsetzung von Erhaltungsmaßnahmen anhält. Die Methoden eignen sich somit für den Einsatz im Rahmen der Fassadeninspektion.

Im Hinblick auf die in diesem Dokument vorgestellten Methoden und Techniken ist deutlich geworden, wie wertvoll die Zusammenarbeit von Geotechnologien im Bereich der historischen Bauforschung sein kann. Dies gilt vor allem für die unterschiedlichen Erfassungsmethoden, die hier nahtlos ineinandergreifen und so das erzielbare Ergebnis optimieren. Darüber hinaus ermöglicht diese Art der Datenerfassung auch die problemlose Integration in Geoinformationssysteme. Sofern die entwickelten Arbeitsabläufe zur Optimierung zukünftiger Arbeitsabläufe oder zur Entwicklung von Musterabläufen genutzt werden, können die Ergebnisse als Grundlage für eine permanente Überwachung der Bausubstanz dienen und somit einen wertvollen Beitrag für die zukünftige Forschung im Areal des Schlosses Hanfelden leisten. Damit könnte ein Gebäudeinformationssystem (BIM) zum historischen Kulturerbe entstehen.

Danksagung

Die Autoren danken allen Studierenden und Kollegen, die Feldforschung betrieben haben, sowie dem Besitzer vom Schloss Hanfelden Georg Neuper für seine hilfreiche Unterstützung und die Möglichkeit, spannende Forschung anzuwenden.

Autoren

Wolfgang Sulzer
Universität Graz
Institut für Geographie und Raumforschung
wolfgang.sulzer@uni-graz.at

Josef Gspurning
Universität Graz
Institut für Geographie und Raumforschung
josef.gspurning@uni-graz.at

Justin Catau
Universität Graz
justin.catau@edu.uni-graz.at

Viktor Kaufmann
Technische Universität Graz
viktor.kaufmann@tugraz.at

Robert Fürhacker
Restaurator
fuerhacker@gmail.com

Fabian Wack
Universität Graz
Institut für Geographie und Raumforschung
fabian.wack@uni-graz.at