

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

SCHLOSS HANFELDEN EINST & JETZT

3. JAHRGANG

AUSGABE 3/2021



Foto: W. Werner 2020

Inhalt

Einleitung (C. Theune)	3
Topographie und Lage am Triebener Tauern (C. Theune)	6
Exkurs: Silberbergwerk in Oberzeiring und Schloss Hanfelden (C. Theune)	7
Geographische Technologien (Geospatial Technologies) im Einsatz für die Erfassung und Geovisualisierung des Schlosses Hanfelden (W. Sulzer, J. Gspurning, V. Kaufmann, T. Mikl, G. Seier)	9
„Gibt es noch Hoffnung für das Schloss Hanfelden?“ - Konservierung und Restaurierung 2015 bis 2021 (R. Fürhacker, W. Schnabl)	21
Die Umfassungsmauer und Ecktürme: eine bauhistorische Untersuchung (G. Bizzarri)	28
Archäologische Untersuchungen in der ehemaligen Schlossküche 2020 (I. Winkelbauer)	38
Literaturverzeichnis	45

Geographische Technologien (Geospatial Technologies) im Einsatz für die Erfassung und Geovisualisierung des Schlosses Hanfelden

Wolfgang Sulzer, Josef Gspurning, Viktor Kaufmann, Thomas Mikl und Gernot Seier

Einleitung

Der Einsatz von „Geospatial Technologies“ (Geographischen Technologien) wie etwa die Geographischen Informationssysteme (GIS), die Fernerkundung und die Kartographie/Geovisualisierung haben in den letzten Jahrzehnten deutliche technologische Fortschritte gemacht. Die Methoden und Techniken finden auch ihren Einsatz in den Nachbardisziplinen wie in der Architektur und in der Archäologie. Mit der Möglichkeit der Integration von Informationen in ein Geographisches Informationssystem haben sich die Geospatial Technologies zu einer wichtigen Technologie für die Erhaltung des Kulturerbes bzw. kulturell wertvoller Objekte (cultural heritage) entwickelt.

Im Schloss Hanfelden wurden den Grazer Universitäten (Institut für Geographie der Uni Graz und Institut für Geodäsie der TU Graz) im Rahmen der NAWI Graz Kooperation ermöglicht, unterschiedliche Methoden der Fernerkundung, wie zum Beispiel die Photogrammetrie und Laserscanning, sowie die Geovisualisierung einzusetzen, um deren Potentiale bei der Erfassung und Darstellung eines einzigartigen Kulturdenkmals zu dokumentieren. Aufbauend auf Arbeiten der TU Graz aus dem Jahre 1986 konnten photogrammetrische Wiederholungsmessungen und -aufnahmen der Fassade des Schlosses durchgeführt werden. Drohnen wurden für die Generierung von hochgenauen Orthophotos (Luftbildplänen), Ober-

flächenmodellen und dreidimensionalen Visualisierungen eingesetzt. Im Zuge einer praxisorientierten Lehrveranstaltung „Geovisualisierung“ konnten mit Studierenden beider Universitäten (Masterstudium „Geospatial Technologies“) terrestrisches Laserscanning (Ringmauer und Innenhof) angewandt werden, sowie „Virtual Reality/Augmented Reality“ Aufnahmen des Schlosses und einiger interessanter Objekte im Umkreis visualisiert werden. Zudem wurden Wärmebildaufnahmen des Schlosses gemacht, um hinter Putz oder Gemäuer verborgene Strukturen (ehemalige Fenster, Türen etc.) zum Vorschein zu bringen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sollen in diesem Beitrag beispielhaft dargestellt werden.

Terrestrisch-photogrammetrische Aufnahmen 1986 und 2019 der Fassaden sowie historische Aufnahmen der Technischen Universität aus dem Jahr 1964

Vom 14. bis 16. Oktober 1986 wurde vom Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie (Abteilung für Photogrammetrie und Fernerkundung) der TU Graz eine Lehrveranstaltung „Photogrammetrische Geländeübungen“ mit 10 Studierenden unter der Leitung von Dipl.-Ing. Dr. Robert Kostka, Dipl.-Ing. Reinfried Mansberger, Dipl.-Ing. Viktor Kaufmann und Maximilian Gassner im Schloss Hanfelden durchgeführt.

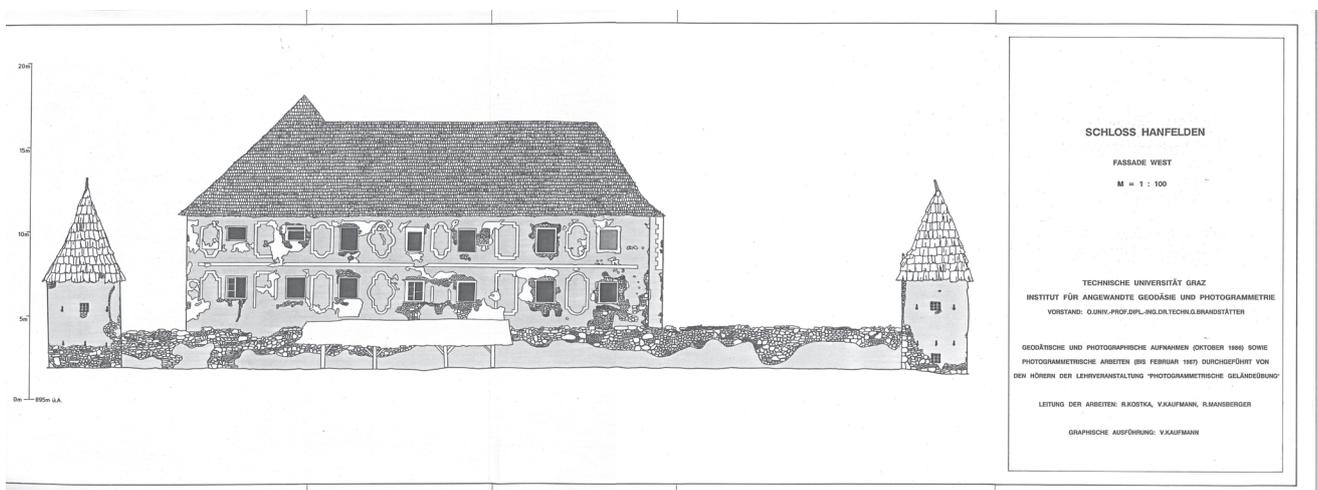


Abb. 2: Schloss Hanfelden Fassade West 1:100 (graphische Ausführung Viktor Kaufmann)



Abb. 3: Photographie 1986 (Aufnahme Kaufmann)

Ziel war die Erstellung von Lage- und Ansichtsplänen im Maßstab 1:100. Im Rahmen des Projekts wurden drei großmaßstäbige Pläne angefertigt:

- Schloss Hanfelden: Grundriss 1:100, graphische Ausführung (Tusche auf Folie) Reinfried Mansberger
- Schloss Hanfelden: Fassade Süd 1:100, graphische Ausführung (Tusche auf Folie) Reinfried Mansberger
- Schloss Hanfelden: Fassade West 1:100, graphische Ausführung (Tusche auf Folie) Viktor Kaufmann

Die Originalfolien lagern am Institut für Geodäsie und werden dem Archiv der TU Graz übergeben. Die Farbnegative und -positive, welche mit der Mittelformatkamera Hasselblad aufgenommen wurden, befinden sich ebenfalls am Institut für Geodäsie der Technischen Universität Graz. Abbildung 4 und 5 dokumentieren hier die Verwitterung der Fassade innerhalb von 33 Jahren. Zeitgleich zu den Vermessungsarbeiten 1986 fand eine große Manöverübung des Österreichischen Bundesheeres statt (Abbildung 4).

Dr. Bernhard Reissmann (TU Graz, Archiv und Dokumentation) hat alte Aufnahmen aus dem Jahr 1964

aus dem Archiv der TU Graz (Diasammlung Stadt- und Baugeschichte) zur Verfügung gestellt, aus jener Zeit, in der das Schloss noch bewohnt wurde. Einige dieser Aufnahmen werden der aktuellen Situation gegenübergestellt. Die Fassade zeigt sich in einem noch deutlich besseren Zustand als 1986, das Stallgebäude ist dem Verfall unterlegen und die Freiflächen wurden von den BewohnerInnen für den Gemüseanbau genutzt. Im Jahre 1986 war das Dach des Stallgebäudes vollkommen eingestürzt, in der Aufnahme von 2019 jedoch wieder rekonstruiert (Abbildung 6).

Nach nunmehr 33 Jahren wurde eine neuerliche Aufnahme im Jahre 2019 der Ansichten des Schlosses Hanfelden durchgeführt, mit dem vorrangigen Ziel, hochauflösende Orthophotos der Gebäudefassaden für Zwecke der Schadenserhebung bzw. Fassadenwiederherstellung herzustellen. Die Wiederholungsaufnahme der Fassaden des Schlosses Hanfelden in Unterzeiring, Judenburg zur Erstellung hochauflösender Orthophotos der Gebäudefassaden wurde am 24. Oktober 2019, 9-18 Uhr von Dr. Viktor Kaufmann und Thomas Mikl (beide TU Graz) zeitgleich mit einer drohnengestützten Aufnah-



Abb. 4: Südostansicht 1986 (Aufnahme Kaufmann)



Abb. 5: Südostansicht 2019 (Aufnahme Sulzer)

me von Dr. Wolfgang Sulzer und Dr. Gernot Seier (beide UNI Graz) durchgeführt. Diese Außenarbeiten wurden von Robert Fürhacker (Restaurator) vor Ort betreut und von einem schönen Herbstwetter (14° C, wolkenloser Himmel) begleitet. Abbildung 4 zeigt das Schloss Hanfelden am Tag der Außenarbeiten in

einer Südostansicht. Bei der Wiederholungsaufnahme wurden sowohl das Hauptgebäude als auch das Nebengebäude, aber nicht die Ringmauer erfasst. Im Zuge der Wiederholungsaufnahme von 2019 wurden geodätische Messungen und eine terrestrisch-photogrammetrische Aufnahme durchgeführt.



Abb. 5: Aufnahmen des Manövers des Österreichischen Bundesheeres 1986 (Aufnahmen Kaufmann).



1964 (Archiv der TU Graz, Diasammlung Stadt- und Baugeschichte)

1986 (Aufnahmen Kaufmann)

2019 (Aufnahmen Sulzer)

Abb. 6: Vergleichsaufnahmen 1960er Jahre, 1986 und 2019.

Geodätische Messungen:

Zur Registrierung und Kontrolle der terrestrisch-photogrammetrischen Aufnahme wurden Passpunktsignale auf den Fassaden der beiden Gebäude auf Höhe des Erdgeschosses, des 1. und 2. Obergeschosses angebracht. Hierzu wurden 50 selbstklebende Passmarken in verschiedenen Ausführungen verwendet. Mithilfe der Totalstation TPS1201R von Leica Geosystem GmbH wurde ein geschlossener Polygonzug (4 Hauptstandpunkte und 3 Zwischenpunkte) gemessen.

Von den Standpunkten wurden die signalisierten Passpunkte, aber auch ergänzende natürliche Passpunkte und sonstige Punkte polar eingemessen. Zur Anbindung des lokalen Koordinatensystems an das übergeordnete Landeskoordinatensystem (MGI/Austria GK Central Zone; EPSG: 31255) wurden 4 vorhandene Fixpunkte und auch jene Passpunkte, die für die drohnengestützte Aufnahme verwendet und von den Kollegen der Karl-Franzens-Universität Graz mittels RTK-GNSS (EPOSA, VRS) realisiert wurden, polar eingemessen.

Die *terrestrisch-photogrammetrische Aufnahme* der Fassaden des Schlosses Hanfelden erfolgte mit der digitalen Spiegelreflexkamera Nikon D800 (Objektiv: Nikon AF Nikkor 20 mm 1:2.8 D). Insgesamt wurden 244 photographische Aufnahmen im RAW-Format akquiriert, wobei eine Fassade aufgrund besserer Lichtverhältnisse wiederholt aufgenommen wurde und somit nur 211 photographische Aufnahmen für die Auswertung herangezogen wurden.

Die *Auswertung* der akquirierten Daten gliedert sich in jene für die geodätischen Messungen zur Bestimmung der Passpunkte und in jene für terrestrisch-photogrammetrische Aufnahme zur Orthophotoerstellung. Die Auswertung der geodätischen Messungen mit der Totalstation TPS1201R von Leica Geosystem GmbH erfolgte mit der Software Geos Verm, um für die anschließende terrestrisch-photogrammetrische Auswertung Passpunktkoordinaten im Landeskoordinatensystem (MGI / Austria GK Central Zone; EPSG: 31255) zur Verfügung zu stellen. Der geschlossene Polygonzug (4 Hauptstandpunkten und 3 Zwischenpunkten) wurde in einer freien Netzausgleichung separat für Lage und Höhe ausgewertet. Nach der Netzausgleichung wurden die Passpunkte auf der Fassade für die terrestrisch-photogrammetrische Auswertung und jene für die Auswertung der drohnengestützten Aufnahme (12 Zieltafeln / Ground Control Points / GCP für die Befliegung in der Wiese, Abbildung 11) als Polarpunkte bestimmt und im ASCII-Format exportiert.

Die terrestrisch-photogrammetrische Auswertung mit dem vorrangigen Ziel der Orthophotoerstellung für die einzelnen Schlossfassaden wurde weitgehend in der Software Agisoft Metashape durchgeführt und im Anschluss mit der Software Global Mapper nachbearbeitet. Zunächst wurde das in der Software Agisoft Metashape implementierte Verfahren Structure-from-Motion (SfM) (siehe unten) verwendet, um für alle erfassten Fassaden eine dichte Punktwolke im Landeskoordinatensystem aus den photographischen Aufnahmen der Kamera Nikon D800 abzuleiten. Das photogrammetrische Modell, das aus den photographischen Aufnahmen abgeleitet wurde, wurde durch Messung der signalisierten und natürlichen Passpunkte gestützt, im Landeskoordinatensystem (MGI / Austria GK Central Zone; EPSG: 31255) registriert und in einem Bündelblockausgleich optimiert. Mithilfe der Software Agisoft Metashape wurde aus der bereinigten dichten Punktwolke ein

detailliertes 3D-Modell abgeleitet und anschließend zur Visualisierung texturiert.

In Abbildung 7 sind die Gebäudefassaden zu den 10 Orthophotos in einem Lageplan mit der Projektbezeichnung (Haupt/Nebengebäude, Nord/West/Süd/Ost und optionale Nummerierung) angeführt. Zuletzt wurden die Koordinatensysteme der Orthophotos so angepasst, dass der Ursprung vertikal mit einem einheitlichen Nullniveau (Bodenniveau des Eingangsportals) und horizontal mit dem linken Bildrand definiert ist.



Abb. 7: Lageplan der Gebäudefassaden zur Orthophotoerstellung (Orthophoto von GIS-Steiermark)



Abb. 8: Selbstklebende Passmarke an der Westfassade (Aufnahme Sulzer 2019).

Pläne und Visualisierungen:

Mit der Software Surfer wurden für die 10 Orthophotos 7 Pläne im Maßstab 1:100 im PDF-Format (Papierformat: A3 und A4) erstellt. Des Weiteren wurde mit der Software Cloud-Compare vom photo-

texturierten 3D-Modell ein virtueller Rundgang für die Fassaden des Schlosses Hanfelden in Form eines Videos erstellt. Die 10 resultierenden Orthophotos der Fassaden des Schlosses Hanfelden, die mittels terrestrischer Photogrammetrie und geodätischen Messungen erstellt wurden, sind im JPG-Format (inkl. World File) und auch in 7 Plänen im PDF-Format (Papierformat: A3 und A4; Maßstab 1:100) bereitgestellt. Die geometrische Auflösung der Orthophotos

ist 2 mm/Pixel. Da die Genauigkeit der Orthophotos von jener der zugrundeliegenden Punktwolke abhängt, kann als absolute Genauigkeit der Orthophotos der mittlere Punktlagefehler (RMSE ... Root Mean Square Error) der Kontrollpunkte nach dem Bündelblockausgleichs der Software Agisoft Metashape mit 4.7 mm und als relative Genauigkeit der Orthophotos der Rückprojektionsfehler (Reprojection Error) mit 0.49 Pixel angegeben werden.

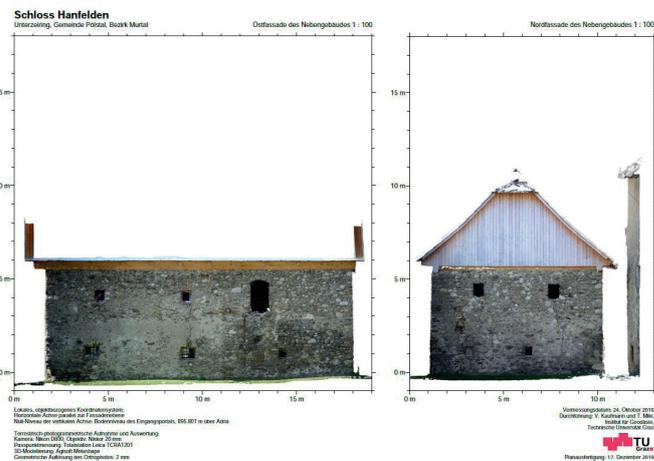
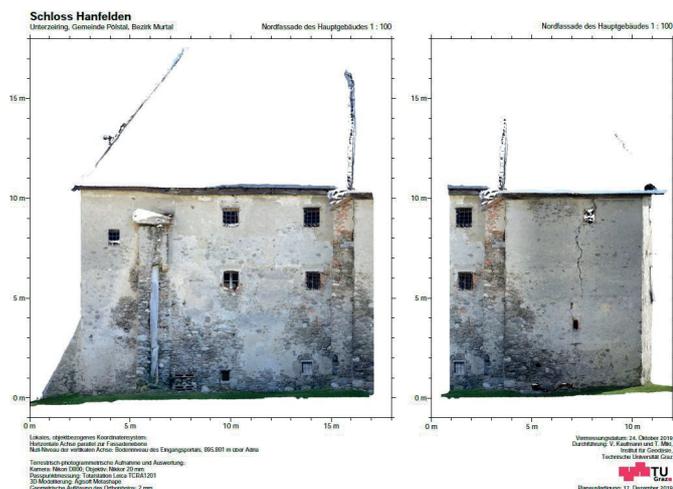


Abb. 9: Orthophotos der Süd- und Westfassade (oben) und Fassadenpläne der Ostseite bzw. des Nebengebäudes (unten).

Aufnahme mithilfe eines unbemannten Luftfahrzeuges (Drohne)

Um das Schloss samt Umfassungsmauer in seiner Gesamtheit bildlich zu erfassen, wurde im Rahmen der Vermessungsarbeiten vom 24.10.2019 eine Befliegung mittels eines kleinen, unbemannten Luftfahrzeuges (uLFZ), allgemein als Drohne bezeichnet, durchgeführt. Das Fluggerät (DJI Phantom 4; Abbil-

dung 10) wurde dabei in zwei unterschiedlichen Flughöhen, etwa 33 m bzw. 63 m über Grund, betrieben. Dadurch wurde es möglich eine räumlich sehr hoch auflösende (Bodenauflösung 2 cm) Datengrundlage zu generieren, und zwar ein mit Karten direkt vergleichbares Bildmosaik von Luftbildern (Orthophoto, siehe Abbildung 12). Zwar gibt es bereits einige flugzeugbasierte Orthophotos, wie etwa jenes, welches nur etwa zwei



Abb. 10: Die DJI Phantom 4 (Aufnahme Sulzer 2019)



Abb. 11: Ground Control Points (GCP, 2019)

Monate zuvor am 28.08.2019 aufgenommen wurde (Abbildung 12). Allerdings ist zu bemerken, dass abgesehen von der etwas geringeren räumlichen Auflösung des flugzeugbasierten Orthophotos auch ein Kippeffekt bei den abgebildeten Objekten deutlich wahrzunehmen ist (Abbildung 12 und Abbildung 13). Dieser Effekt konnte hingegen bei der Generierung der uLFZ-basierten Orthophotos weitestgehend verhindert werden, indem markante Punkte (wie etwa Turmspitzen, Dachpunkte etc.), die geodätisch von den Kollegen der Technischen Universität bestimmt wurden, im Zuge der photogrammetrischen Auswertung berücksichtigt wurden (Abbildung 12 und Abbildung 13). Am besten tritt dieser Unterschied beim direkten Vergleich der Detailaufnahmen zu Tage, da

etwa die Fußpunkte der Mauern (Umfassungsmauer und beider Gebäude) in der flugzeugbasierten Darstellung klar zu sehen sind und auch darüber befindliche Dachflächen nach Norden „wegzukippen“ scheinen (Abbildung 13), während das in der uLFZ-basierten Aufnahme nicht der Fall ist (Abbildung 13). Auch wenn aus jahreszeitlichen Gründen der Schattenwurf bei der uLFZ-basierten Aufnahme großzügiger ausfällt, so überwiegen insgesamt doch dessen Vorteile gegenüber dem flugzeugbasierten Bilddatensatz.

Ergebnis dieser Befliegung und deren Auswertung sind auch ein digitales Oberflächenmodell bzw. 3-dimensionale Darstellungen des Schlosses (Abbildung 14).



Abb. 12: Die gesamte Anlage dargestellt anhand von Luftbildern; links: flugzeugbasiertes Orthophoto vom 28.08.2019 (Quelle: GIS-Steiermark); rechts: uLFZ-basiertes Orthophoto vom 24.10.2019. Die weiß strichlierten Umrisslinien zeigen den in Abbildung 13 dargestellten Detailausschnitt.



Abb. 13: Detailausschnitt im südöstlichen Bereich der Anlage, das sowohl das Schloss, als auch das Nebengebäude samt Umfassungsmauer zeigt; Details aus Abbildung 12.

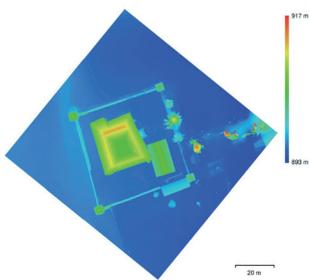


Abb. 14: Digitales Oberflächenmodell (links) bzw. ein Vergleich der virtuellen Darstellung (Mitte) mit einer Drohnenaufnahme (rechts) vom 24.10.2019

Terrestrisches Laserscanning

Eine genaue Dokumentation des Zustands des kulturellen Erbes ist für dessen Schutz genauso wie für die wissenschaftliche Arbeit während der Restaurierung und Renovierung aber auch für weiterführende bauhistorische Studien unerlässlich. Bei solchen Dokumentationsprojekten zum kulturellen Erbe werden unterschiedlichste Aufzeichnungstechniken eingesetzt. Das Hauptziel der Dokumentations- und (gegebenenfalls) Konservierungsarbeiten ist in der Regel die Erstellung geometrischer und fotorealistischer 3D-Modelle für die genaue Rekonstruktion und Visualisierungszwecke. Die in diesem Abschnitt 2021 zur Anwendung gebrachte Aufnahmestrategie basiert auf der Kombination von photogrammetrischem Ansatz (SfM = Structure from Motion) und Terrestrischem Laserscanning (TLS). Beide Techni-

ken haben Vor- und Nachteile, wobei die auf der Messung der Impulslaufzeit beruhende TLS-Technik (TLS = Terrestrisches Laser Scanning) häufig für die Erfassung großer und komplexer Objekte oder Standorte zur Anwendung kommt, während die alternative Erzeugung von 3D-Punktwolken aus Bildern durch dichten Stereo- oder Mehrbildabgleich meist als kostengünstiger Alternative zu der erstgenannten Datengewinnungsmethode verstanden wird. Hier wurde versucht das Beste aus beiden Welten zu kombinieren und den generierten Datenpool durch die Verschmelzung der beiden Akquisemethoden zu verdichten bzw. zu optimieren.

Während die wesentlich kostengünstigere photogrammetrische Lösung in letzter Konsequenz in hohem Maße von optischen Rahmenbedingungen abhängig ist, wird im Falle des TLS das Ergebnis im

Wesentlichen vom Zusammenspiel geometrisch/physikalischer Parameter (z.B. Eigenschaften des Laserstrahls, Entfernung zum Objekt, Abtastdichte etc.) gesteuert. Darüber hinaus ergaben sich für Hanfelden noch Probleme mit der „Abschattung“ von Gebäudeteilen; z.B. konnte der bodennahe Teil des Hauptgebäudes durch den von der Laserleistungsklasse des Lasers (Riegl-Scanner VZ6000) vorgegebenen Mindestabstand zu Objekt (ca. 10m) nur von außerhalb der Ummauerung aufgenommen werden, wobei die Mauer natürlich bestimmte Objektpartien verdeckte und daher unmessbar machte.

Der Messvorgang selbst gliederte sich in mehrere Schritte: Zunächst wurde unter Verwendung von Zylinderreflektoren an mit dGPS hochgenau vermessenen Lagepunkten eine Referenz für die zu erstellende TLS-Punktwolke aufgebaut, um so das finale 3D-Modell des Schlosses in das übergeordnete Referenzsys-

tem einbinden zu können bzw. mit den SfM-Daten zur Deckung bringen zu können. Im nächsten Schritt erfolgte der eigentliche Scanvorgang; die jeweiligen Positionen des Scanners mussten dabei so gewählt werden, dass (abgesehen von dem oben beschriebenen „systemimmanenten“ Problem) eine lückenlose Erfassung aller relevanten Teile des Objektes möglich gemacht wurden (ungefähre Scandauer: 50 - 70 Minuten). Unter Zuhilfenahme der bekannten Reflektorenpositionen konnten anschließend die aufgenommenen Teilwolken zu einer Gesamtpunktwolke zusammengebaut und in für die Weiterverarbeitung (z.B. in Geographischen Informationssystemen, CAD-Programmen oder Gebäudemanagementsystemen) geeignete Formate exportiert werden. Als vorläufig finales Ergebnis entstand ein hochgenaues 3D-Modell des Schlosses Hanfelden, das durch Punkte mit einem Punkt - Abstand von ca. 1,4 cm repräsentiert wird.



Abb. 15: Der Ausschnitt aus der TLS-Punktwolke zeigt die Arkaden im 1. Obergeschoß der W-Ecke des Schlosshofes; Beachte die hohe Detailtreue bei der Erfassung der Fenstergitter



Abb. 16: Riegl-Scanner VZ6000 bei Aufnahmen im Innenhof

Geovisualisierung / Virtual Reality / Augmented Reality

Aufnahmen von Drohnen oder von konventionellen (professionellen und handelsüblichen) Kameras können heute mit s.g. „Structure from Motion“ (SfM) Techniken (siehe Fassade bzw. Orthophoto) für die 3-dimensionale Darstellung von Objekten eingesetzt werden. SfM ist eine Technik aus Photogrammetrie und Computer Vision, die überlappende Bilder verwendet, um 3D-Oberflächenmodelle zu rekonstruieren.

Bilder können mit Standardkameras aufgenommen werden, was SfM zu einem kostengünstigen Tool macht, das andere 3D-Technologien wie terrestrisches und luftgestütztes Laserscanning (Lidar) ergänzt.

Im Rahmen der Geländearbeiten der Lehrveranstaltung „Geovisualisierung“ unter der Leitung von Dr. Josef Gspurning und Dr. Wolfgang Sulzer wurden von 27 teilnehmenden Studierenden verschiedene Objekte im Umkreis des Schlosses (z.B. die bisher nicht

erfasste Ringmauer) mittels dieser Technologie aufgenommen und schließlich visualisiert. Verschiedene Datengrundlagen (Terrestrisches Laserscanning, Drohnenbefliegungen und terrestrische Kameraaufnahmen) werden hier fusioniert und mit Hilfe von SfM-Methoden bearbeitet und dargestellt. Die Studierendenarbeiten sollen hier beispielhaft angeführt werden.

Bei der hier vorgestellten und ebenfalls in Hanfelden zur Anwendung gebrachten Methodik handelt es sich um ein Verfahren zur möglichst realitätsnahen Gestaltung einer künstlichen Umgebung (Virtuelle Realität), die - abhängig von den damit verbundenen Intentionen - durch Anreicherung mit verschiedenen

zusätzlichen Inhalten (z.B. Erklärungstexte oder Bildmaterial) mehr Informationen zu liefern imstande ist als in der Realität (erweiterte Realität). Aus diesem Grund liegt der Schwerpunkt der Arbeit bzw. das erwartete Ergebnis hier kaum auf der Gewinnung präziser 3D-Daten zur Lösung mess- bzw. konstruktions-technischer Problemstellungen, sondern in erster Linie auf die Bereitstellung von virtuellen („begehbaren“) Räumen und deren themenbezogene Aufbereitung mit als relevant erachteten Zusatzinformationen. Demnach liegt der Schwerpunkt des Einsatzes auch auf der visuellen Konservierung eines bestimmten Ist-Zustandes (wie etwa in der Baustellendokumentation) oder in der objektbezogenen Wissensvermittlung im Sinne musealer Präsentationen.

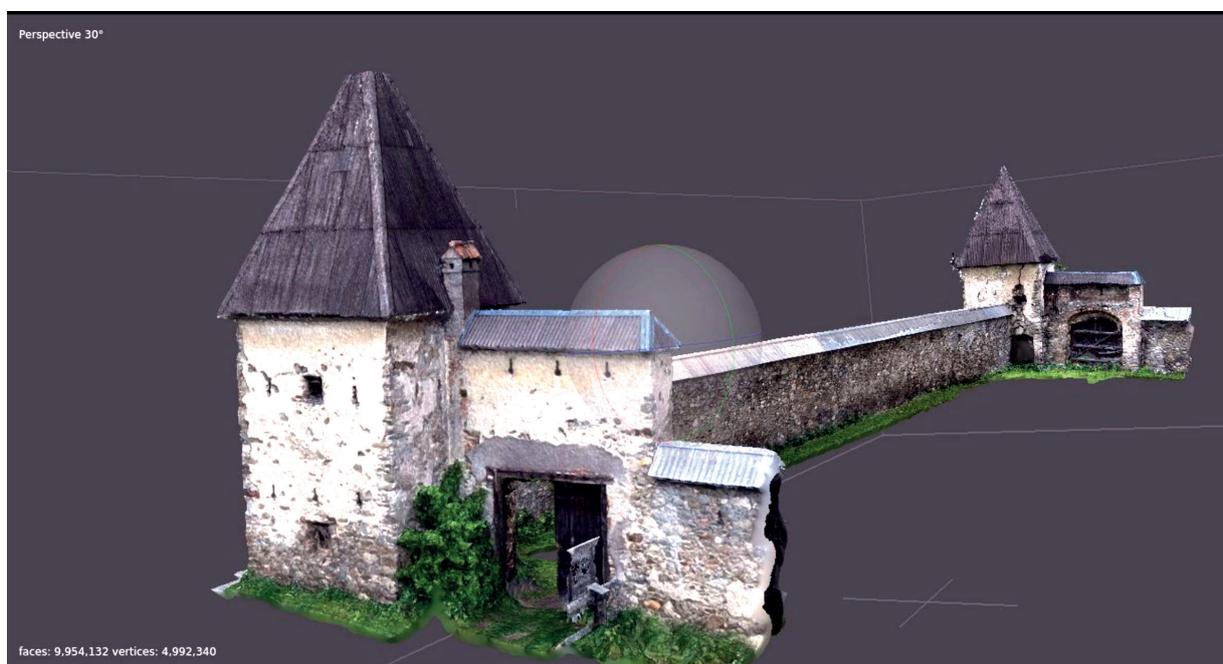


Abb. 17: 3-D Visualisierung einer Kombination von terrestrischen Laserscanningdaten, Drohnenbildern bzw. terrestrischen Kameraaufnahmen des westlichen Ringmauerabschnittes.

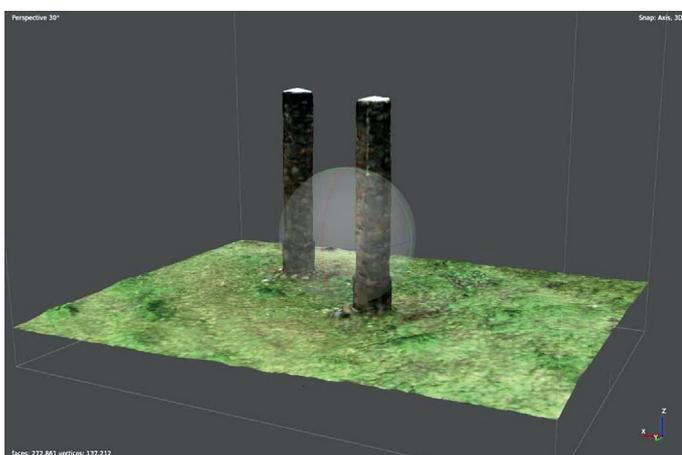


Abb. 18: 3-D Visualisierung des historischen Galgens (li) und eine Photographie (re)

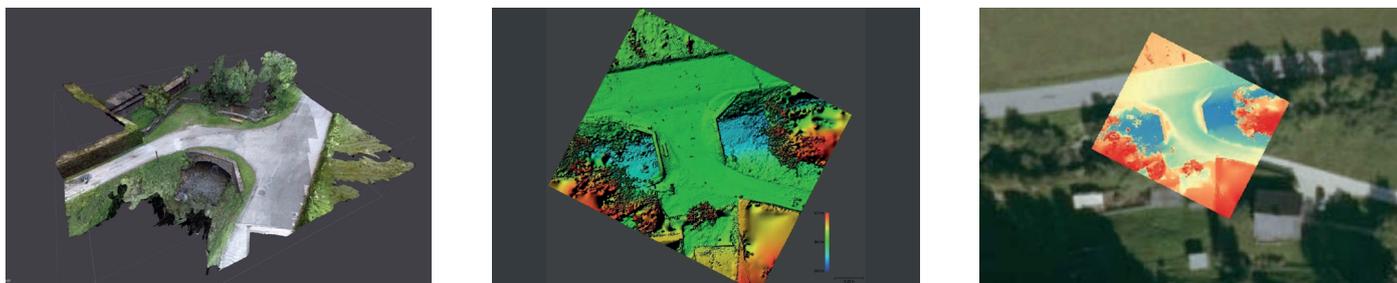


Abb. 19: 3-D Visualisierung der s.g. Römerbrücke (links), farbcodiertes „Shaded Relief“ (Mitte) und in ein Orthophoto eingepasstes Oberflächenmodell.



Abb. 20: 3-D Visualisierung des Gebäudes (links) und einer Drohnenaufnahme (rechts)

Bei der Darstellung in Abbildung 20 sollen Probleme, die bei einer 3-dimensionalen Rekonstruktion mittels SfM Technik auftreten können, aufgezeigt werden. Problematisch mit dieser Methode darzustellen sind einerseits hohe Vegetation (Sträucher und Bäume) bzw. andererseits können Reflexionen zu Datenlücken (siehe Dachfirst) führen. Hier müssen die Studierenden noch Filteroperationen und Bereinigungen durchführen, um eine ähnlich hohe Qualität zu erzielen, wie diese etwa bei der Ringmauer (Abbildung 17) erzielt wurde.

Obwohl es sich bei der Generierung von Virtual Reality (VR) -Umgebungen um ein Verfahren handelt, das den bei der Kartographie angewandten Konzepten (z.B. Projektion) nicht unähnlich ist, unterscheidet sich diese Vorgangsweise in nahezu allen Belangen von komplexeren („wissenschaftlicheren“) Methoden wie etwa dem Laserscanning. Am augenscheinlichsten wird der Unterschied beim Equipment; für die Gestaltung von VR/AR-Umgebungen wird prinzipiell lediglich eine beliebige (digitale) Kamera mit einem Panoramastativ und mit einer geeigneten Optik benötigt; die Umwandlung der an sich konventionellen Bilder in VR-Szenarien erfolgt ebenso wie die Anreicherung mit zusätzlichen Informationen mit Hilfe spezieller Software. Anders als

beim terrestrischen Laserscanning werden hier nicht Daten i.e.S., sondern Visualisierungsprodukte in bestimmten VR-Formaten gespeichert. Diese können zwar mit geeigneten Betrachtungs-Applikationen auf fast allen Geräten (Smartphone, Tablet, Laptop usw.) betrachtet werden, eine Weiterverarbeitung des Ergebnisses ist jedoch nicht oder nur mehr sehr beschränkt möglich. Nicht zuletzt diese Eigenschaft deutet darauf hin, dass das Einsatzgebiet dieses Produkts eher im science-to-public Dokumentations-/ Visualisierungsbereich liegt.

Das in die Ebene geklappte 360° x 180° Panorama zeigt eindrucksvoll die Besonderheiten der Erfassungssituation in Hanfelden: Ideale Voraussetzungen für die Erstellung dieser Art „begehbaren“ Panoramen sind ausgewogene Lichtverhältnisse und einfache Raumgeometrien. Beides ist in Hanfelden eher die Ausnahme. Die wenigen relativ kleinen z.T. verschlossenen Maueröffnungen lassen nur punktuell größere Lichtmengen in die Räume, was eine zufriedenstellende Ausleuchtung schwierig macht. Darüber hinaus macht der verwinkelte Grundriss vieler Räume mit zahlreichen zusätzlichen Objekten (z.B. unebene Decken oder Böden bzw. die Feuerstelle rechts im Hintergrund) deutlich mehr Aufnahmen nötig, um eine Szene ohne „blinde Flecken“ zu erstellen.



Abb. 21: Kugelpanorama des Raumes EG-03 zusammengesetzt aus 4 vollformatigen Fisheye-Aufnahmen mit je 24 Megapixeln (Brennweite 12 mm).



Abb. 22: Details aus dem Panorama in Abbildung 21

Die Abbildung 22 der Details (siehe Loch im Boden links bzw. Feuerstelle rechts) aus dem Panorama in Abbildung 18 geben Aufschluss über die zu erwartende Qualität der Panoramazene. Obwohl das Grundlagenmaterial bei der Erstellung nicht völlig ausgereizt wurde, lassen sich bauhistorisch relevante Details bereits sehr gut erkennen.

Wärmebildaufnahmen - Der Blick hinter die Fassade und in die Mauern

Eine Wärmebildkamera (Thermographie-, Thermal- oder Infrarotkamera) ist ein Gerät ähnlich einer herkömmlichen Kamera, das jedoch Infrarotstrahlung empfängt. Die thermale Infrarotstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von ca. 3,5 bis 15 μm (mittleres

und langwelliges Infrarot). Dieser Bereich ist auch für die Messung und bildliche Darstellung von Temperaturen im Umgebungstemperaturbereich geeignet. Thermographie ist somit ein berührungsloses bildgebendes Verfahren, das die für das menschliche Auge unsichtbare Wärmestrahlung eines Objektes oder Körpers sichtbar macht. Bei der Thermographie werden Temperaturverteilungen auf Flächen und Gegenständen erfasst und dargestellt. Auch die Wärme, die durch Wärmeleitung und Konvektion letztlich zur Außenhülle eines Gegenstandes (z.B. Gebäudes) gelangt, wird letzten Endes in den Raum abgestrahlt und kann dann mit Wärmebildkameras sichtbar gemacht werden. Wenn nun die Wände aus unterschiedlichen Materialien aufgebaut werden, können diese aufgrund ihrer unterschiedlichen Leitfähigkeit der Wär-

me mit der Kamera sichtbar gemacht werden. Für Thermographieaufnahmen von Häusern ist der Winter - oder zumindest die kältere Jahreszeit - „Saison“, d.h. es sollten Temperaturdifferenzen zwischen den Innenräumen und der Außenwelt von mindestens 20 Grad herrschen, um Wärme, die von innen nach außen dringt, sichtbar zu machen.

Da das Schloss Hanfelden nicht beheizt wird, im Sommer in den Innenräumen immer sehr kühl bleibt, lassen sich an einem heißen Sommertag bzw. während einer Wärmeperiode unterschiedliche Temperaturen mit einer Thermalkamera an den Innen- aber auch an den Außenwänden erfassen. So ein heißer Tag mit fast 30°C ermöglichte am 21.7.2020 mit der Thermalkamera „InfraTec VarioCam – high resolution“ die Innen- als auch die Außenmauern aufzunehmen. Beispielhaft sollen hier Aufnahmen gezeigt werden, die neue Aufschlüsse über den Maueraufbau bzw. über die Baugeschichte erlauben.

Abbildung 23 zeigt einen Vergleich der Thermalaufnahme im Außenbereich mit einer Photographie desselben Mauerbereichs des Stallgebäudes. Deutlich ist im Thermalbild ein Bereich links bzw. oberhalb des Fensters zu erkennen, der hinter dem noch existierenden Putz ein ehemaliges Fenster / Durchgang mit Rundboden vermuten lässt.

Beispiele für die Erfassung von unter dem Verputz liegenden Strukturen finden sich auch im 2. Obergeschoss des Schlosses. Verborgene Kamine, Durchgänge zu anderen Räumen, Holzbalken lassen sich mit dieser Methode sehr gut erfassen (Abbildung 24).

Um sich ein vollständiges Bild bzw. auch eine Bestätigung der ersten Erkenntnisse zu bekommen, wird noch eine strukturierte Erfassung der Innenräume und der Außenfassaden notwendig sein. Die Interpretation der Bilder muss in Zusammenarbeit mit Fachleuten vorort erfolgen.

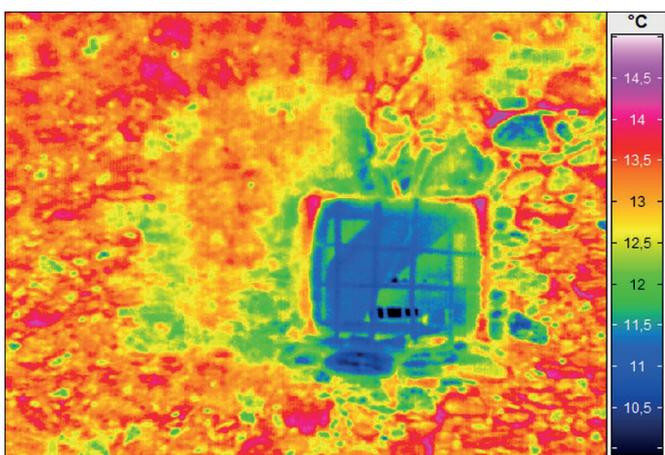


Abb. 23: Vergleich der Thermalaufnahme (links) eines Fensterbereiches an der Ostseite des Stallgebäudes mit einer Photographie (rechts).

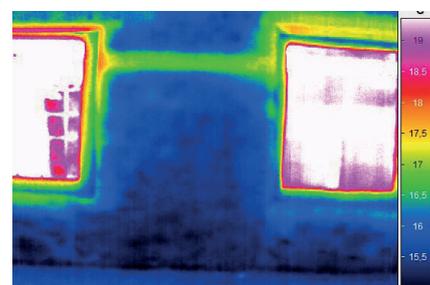
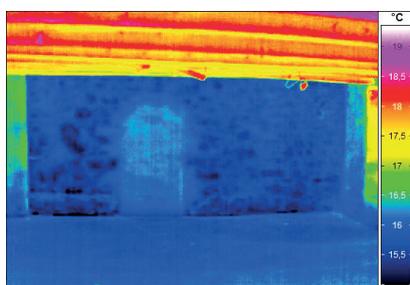


Abb. 24: Kaminstrukturen (links), ein alter Durchgang (Mitte) und vermutlich ein querliegender Holzbalken mit einem darunterliegenden eh. Durchgang (rechts) im 2. Obergeschoß.