

Inmitten von Punktwolken.

Daniela Spiegel im Gespräch mit Norman Hallermann und Alexander Kulik über Einsatzmöglichkeiten von 3D-Technologien für die denkmalpflegerische Praxis

DANIELA SPIEGEL

Im Rahmen der Jahrestagung des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V. an der Bauhaus-Universität Weimar wurde den Mitgliedern des Arbeitskreises Einblicke in die Forschungsprojekte der Professuren Modellierung und Simulation– Konstruktion (Prof. Dr. Guido Morgenthal, Fakultät Bauingenieurwesen) und Virtual Reality and Visualization Research (Prof. Dr. Bernd Fröhlich, Fakultät Medien) gewährt.

Beide Professuren arbeiten, zusammen mit der Professur Computer Vision in Engineering (Prof. Dr. Volker Rodehorst, Fakultät Medien und Bauingenieurwesen), fakultätsübergreifend an der Entwicklung digitaler Verfahren und Methoden zur Erfassung, Bewertung und Visualisierung von Zustandsdaten von Bestandsbauwerken.

Das Forschungsinteresse des Bauingenieurs Dipl.-Ing. Norman Hallermann (Professur Modellierung und Simulation-Konstruktion) gilt – ausgehend vom Thema der Bauwerksinspektion – dem (automatisierten) Einsatz unbemannter Flugsysteme (UAS) für die bildbasierte Erfassung von Bauwerken (Abb. 1). Vor allem für schwer zugängliche Bauwerke wie Türme oder Brücken eignen sich die so genannten

Drohnen, um effizient und sicher Zustandsdaten zu erfassen.

Die Weiterverarbeitung der von den UAS's aufgenommenen Bilder erfolgt an der Professur Computer Vision in Engineering. Prof. Dr. Volker Rodehorst (Informatiker) und Dr.-Ing. Jens Kersten (Geodät) entwickeln Sensor-Plattformen und Algorithmen, um aus den digitalen Bildern räumliche Objektinformation abzuleiten. Zudem beschäftigen sie sich mit der automatisierten Auswertung von bildbasierten Informationen, wie beispielsweise der Erkennung von Rissen an Betonoberflächen. Programme analysieren Bildpaare und können, im Zusammenhang mit dem Wissen über die genauen Standorte der Kamera während der Befliegung, die im Bild dargestellten Inhalte räumlich verorten und daraus eine dreidimensionale Punktwolke des fotografierten Objektes generieren.

Dr. Alexander Kulik entwickelt mit seinen Kollegen in der Arbeitsgruppe Virtual Reality and Visualization Research interaktive Verfahren zur Visualisierung dieser sehr großen 3D-Modelle sowie Virtual Reality Technologien und Benutzungsschnittstellen, die es bis zu sechs lokalen Nutzern gleichzeitig ermöglichen, die fotorealistisch dargestellten Punktwolken gemeinsam zu betrachten und zu analysieren.

Im Nachgang der Projektvorstellung hat Dr. Daniela Spiegel, wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur Denkmalpflege und Baugeschichte der Bauhaus-Universität Weimar, das Gespräch mit Norman Hallermann und Alexander Kulik gesucht, um der Frage nachzugehen, welche Relevanz die Forschung der Kollegen für die Disziplin der Denkmalpflege haben könnte.



Abb. 1: Ein mit einer gängigen Kamera ausgestattetes unbemanntes Flugsystem (UAS), das von der Professur Modellierung und Simulation– Konstruktion zur Aufnahme von Bauwerken genutzt wird

DS Alexander und Norman, wie habt ihr begonnen, euch mit diesem Thema zu beschäftigen, und wie haben eure drei Professuren zueinander gefunden?

AK Jede der drei Professuren hatte bereits für sich in diesem Bereich geforscht. Unsere Arbeitsgruppe hatte beispielsweise 3D-Scandaten von Partnerfirmen und anderen Forschungsinstituten weiterverarbeitet. Von 2013 bis 2016 waren wir Partner des EU-Projekts 3D-Pitoti. Dort haben wir für Archäologen der University of Cambridge und des Centro Camuno di Studi Preistorici prähistorische Petroglyphen (Felsgravuren) visualisiert, die sich, zum Teil schwer zugänglich, in Valcamonica in den italienischen Alpen befinden. Aus mehreren Tausend Fotos, die die Firma ArcTron3D für uns mit einem Ultraleichtflugzeug aufgenommen hatte, wurde ein 3D-Modell des Alpentals erzeugt. Zudem wurden einzelne Felsplatten im Tal mit Zentimeterauflösung sowie die darauf befindlichen Petroglyphen sogar mit Submillimeter-Auflösung aufgenommen. Die virtuelle Multiskalenrekonstruktion machten das Tal und seine Ar-

tefakte portabel und besser zugänglich für die Wissenschaft. Die Rekonstruktion erlaubte den Archäologen in gewisser Weise Forschung „vor Ort“, von ihrem Büro aus. Die hohe Genauigkeit ermöglichte unter anderem genaue Aussagen über die Tiefe der Einritzungen. Darüber hinaus lieferte das Gesamtmodell den für die Analyse unverzichtbaren räumlichen Gesamtzusammenhang der prähistorischen Kunst auf den Felsplatten und im Tal. Die Verarbeitung der Datenmassen und vor allem die angestrebte Darstellung in Echtzeit stellten eine große Herausforderung dar und erforderte die Entwicklung spezieller Algorithmen.

DS Was bedeutet Echtzeit?

AK Echtzeit bedeutet, dass der Betrachter von dem 3D-Modell nicht nur eine fest definierte Perspektive sieht, sondern vor einer vollständigen interaktiven Simulation des Modells steht, in dem er durch Kopfbewegungen oder durch Navigation andere Perspektiven einnehmen kann, die stets neu zu berechnen sind.

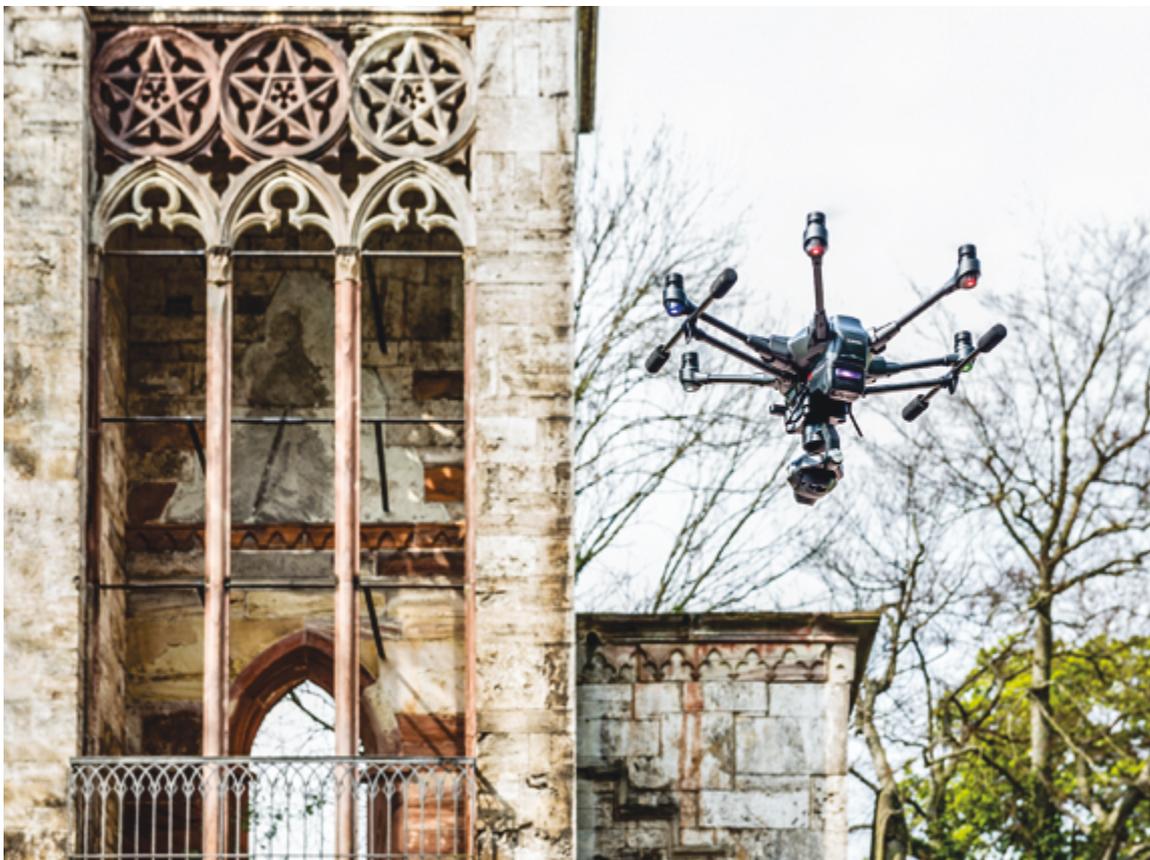


Abb. 2: Unbemanntes Flugsystem der Professur Computer Vision in Engineering an der Tempelherrenhaus-Ruine im Weimarer Ilmpark



Abb. 3: Gleichzeitiges Betrachten der Visualisierung der Tempelherrenhaus-Ruine im Ilmpark. Die Nutzer sehen durch die Spezialbrillen eine ihrem individuellen Standpunkt entsprechende Perspektive und können sich somit über räumliche Details verständigen.

NH Jens Kerstens (Professur Computer Vision) Zugang zu dem Forschungsthema erfolgte über die Kartographie und Geodäsie: Er wertete am DLR [Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt] hochaufgelöste, digitale Satellitenfotos aus, um daraus beispielsweise Daten für Katastrophenszenarien abzuleiten. Professor Volker Rodehorst holte ihn an die Bauhaus-Universität, um das Vermessungswesen und die Bildauswertung miteinander zu „verheiraten“. Professor Rodehorst selbst hat eine Brückenprofessur zwischen dem Bauingenieurwesen und der (Medien)informatik. Daher kommt ein Großteil seiner Fragestellungen aus dem Bereich des Bauwesens.

Unsere Professur Modellierung und Simulation von Prof. Morgenthal begann bereits 2011, sich mit der Fragestellung zu beschäftigen, wie mit unbemannten Flugsystemen, die Bilder aufnehmen können, die Bauwerksinspektion vereinfacht werden könnte. Schließlich müssen gemäß DIN 1076 Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen alle sechs Jahre geprüft werden, und nicht nur punktuell, sondern vollflächig bzw. vollständig, dies gilt auch für historische Bauwerke (Abb. 2). Die Beurteilung basiert hauptsächlich auf visuellen Daten (Abb. 3), d.h. der Bauwerksprüfer sieht sich das Bauwerk an und beurteilt mit seiner Erfahrung und mit seinem Wissen dessen Zustand. Gerade bei

schwer zugänglichen Objekten wie Brücken, großflächigen Stützbauwerken o.ä. bietet hier der Einsatz von Flugsystemen eine sehr große zeitliche und finanzielle Ersparnis: während zuvor die Prüfung einer Eisenbahnbrücke mehrere Wochen in Anspruch nahm und aufwendige Sicherungsmaßnahmen (Kräne, Abseilen, Gerüste o.ä.), mitunter auch Verkehrssperrungen notwendig waren, reichen uns zur Datenerfassung bei guter Vorausplanung der Befliegung wenige Stunden bei guter Witterung.

DS Ist das rechtlich zulässig, dass die Beurteilung des Bauwerks allein über die Betrachtung von Bildern und nicht über die direkte Anschauung des realen Objekts erfolgt?

NH Der zugelassene Bauwerksprüfer darf allein entscheiden, wie er sein Bauwerk beurteilt, vorgegeben ist lediglich, dass handnah zu prüfen ist, anfassen muss er es nicht. Es gibt zahlreiche Ingenieure, die sagen, mir reicht ein gut aufgelöstes Bild aus, um aus der Betrachtung eines Schadens an der Oberfläche Rückschlüsse auf mögliche Vorgänge im Inneren des Bauwerks schließen zu können. Wichtig ist jedoch, dass der Bauwerksprüfer seine Daten so dokumentiert und archiviert, dass nicht nur er sie in sechs Jahren wiederfinden und genau verorten kann, sondern auch noch seine Nachfolger in 100 Jah-



Abb. 4: Visualisierung eines Wappendetails an der Anna-Ebert-Brücke in Magdeburg

ren. Dafür muss nachvollziehbar bleiben, wann welcher Zustand an diesem Objekt geherrscht hat, damit eine Schadensfortschrittsentwicklung nachvollzogen und der aktuelle Bauwerkszustand verlässlich bewertet werden kann.

DS Wieso reichen hierfür nicht die Bilder aus, wo liegt der Mehrwert einer 3D-Rekonstruktion?

AK Dafür gibt es verschiedene Gründe. Als Beispiel dient hier die Arbeit von Jens Kersten und Volker Rodehorst, die sich mit der Entwicklung automatischer Bauwerksanalytik beschäftigen wie z.B. Risserkennung und -analyse. Ein zweidimensionales Bild lässt oft nicht erkennen, ob es sich wirklich um einen Riss handelt und nicht nur um eine Verfärbung oder Vegetation o.ä. Mit einer dreidimensionalen Darstellung kann dies nicht nur erkannt werden, sondern auch die Ristiefe und -breite genau bestimmt werden.

NH Bei Betonbauwerken wie Brücken müssen beispielsweise Risse ab 0,3 mm Weite sicher erkannt werden, also eine Stärke, die ein Mensch noch sicher erkennen kann. Der Algorithmus muss dies erst lernen, kann den Vorgang dann aber tausendfach mit der gleichen Qualität wiederholen – hier liegt ein echter Vorteil in der Maschine.

AK Aus Nutzersicht halte ich zudem die Zusammenfassung vieler tausender Bilder zu einem kohärenten 3D-Modell für wesentlich besser handhabbar. Alle Informationen sind stets genau lokalisiert und stehen in ihrem dazugehörigen Kontext. Dabei reduziert sich auch die Redundanz – den Riss gibt es am Ende genau einmal an der Stelle, wo er auch in Wirklichkeit ist, so erspart man sich das Anschauen hunderter Bilder.

NH Wir Bauwerksingenieure brauchen immer die dreidimensionale Information, denn bei uns geht es nicht nur um die Erkennung von Rissen und Abplatzungen, sondern auch um Verformungszustände. In einem Bild sieht man nicht, ob eine Wand eine geringfügige Ausbeulung nach vorne aufweist, in einem 3D-Modell, das verschiedene Perspektiven zulässt, hingegen schon.

DS Muss man – um beim Beispiel der alle sechs Jahre notwendigen Bauwerksprüfung zu bleiben – bei jedem Turnus ein neues Modell generieren, oder lassen sich die neuen Daten in das alte Modell integrieren?

NH Um Veränderungen erkennen zu können, braucht es tatsächlich eine erneute Modellierung, da ja der gegenwärtige Ist-Zustand beurteilt werden muss. Die im Abstand von 6 Jahren entstandenen Modelle werden dann miteinan-



Abb. 5: Visualisierung des gescannten Bereichs um den Schlossplatz Weimar

der verglichen, d.h. verrechnet, oder ein Modell wird als Referenz gesetzt und das andere davon abgezogen, um die Differenz darstellen zu können.

AK Mein Kollege Carl-Feofan Matthes forscht derzeit im Rahmen seiner Dissertation über die Visualisierung minimaler Veränderungen an riesigen Gebäuden resp. riesigen Datensätzen. Hinter der Frage, ob sich etwas verschoben hat, steht die Entscheidung, ob in zwei aufgenommenen Modellen an derselben Koordinate befindliche 3D-Punkte korrespondieren oder wohin sich ein Punkt eventuell verschoben hat. Es geht also um die Zuordnung von Merkmalen im dreidimensionalen Raum.

DS Ist das dann Interpretation oder Berechnung?

AK Das ist eine spannende Frage. Einerseits wird in einem ersten Schritt berechnet, wie sich Punkte möglicherweise verschoben haben. Aus der Art der Verschiebung lässt sich dann unter Umständen die Art der Veränderung herauslesen, z.B. falls sich zwei ursprünglich nah beieinander liegende Punkte voneinander entfernen, bildet sich möglicherweise ein Riss. Die zugrunde liegenden algorithmischen Prozesse liefern Lösungen, die mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind und deren Vorgehensweise wird nur von Wenigen verstanden.

DS Aber hinterher damit umgehen müssen ja meist genau die, die den Rechenweg, der zum Ergebnis führt, weder kennen noch verstehen. Was fehlt, ist die digitale Fußnote des digitalen Modells.

AK Genau. Der Nutzer soll jederzeit wissen und nachvollziehen können, woher die Informationen kommen, gerade wenn zukünftig der Computer auch den Vergleich der Modelle übernehmen wird. Hier gibt es noch enormen Forschungsbedarf, zu dessen Deckung wir mit dem im Dezember 2016 gestarteten BMBF-Projekt „Provenance Analytics“ beitragen.

Wichtig ist uns dabei, dass die Ergebnisse unserer Forschungen nutzerorientiert sind. Beispielsweise entwickeln wir unsere 3D-Visualisierungen als Teamlösungen, d.h. bis zu sechs Personen können gleichzeitig die Visualisierungen in Echtzeit betrachten und mit ihnen interagieren – das ist weltweit noch einzigartig. Wir gehen davon aus, dass jede Person eine eigene Forschungsperspektive hat, und erst im gemeinsamen Anschauen und Analysieren die wichtigen Fragen und Diskussionen entstehen (Abb. 4).

NH Der Vorteil der Visualisierungen ist zudem, dass sie extrem vielfältig nutzbar sind – der Bauwerksprüfer kann daraus Zustände ableiten, der Denkmalpfleger kann sie für die Planung von Maßnahmen nutzen, der Bauforscher für digitale Rekonstruktionen, die wiederum Museen oder sogar Schulen für die Wissensvermittlung einsetzen können. Kürzlich haben wir den Schlossplatz Weimar gescannt, und was man aus dessen Visualisierung alles ableiten kann, geht weit über die normale Nutzung eines digitalen Modells hinaus (Abb. 5): Geschichtsunterricht für Schulprojekte, Verkehrswegesimulation, Massenpanik, Hochwasser- oder Sonnenstandssimulationen etc. Die Fragestellungen erweitern sich stetig. Und jeder dieser potentiellen Nutzer schaut mit einer anderen Fragestellung auf die Daten und definiert, welche davon und wofür er sie braucht.

DS Aber was sind das für Datenformate, die an die Nutzer gegeben werden, damit diese selbständig damit weiterarbeiten können?

NH Das hängt davon ab, wofür der jeweilige Nutzer sie braucht. Er muss seine Fragestellung selbst genau definieren und wissen, mit welcher Auflösung und Genauigkeit das Objekt im Modell abgebildet werden soll – wobei mit der Genauigkeit die Datenmenge steigt.

- AK** Tatsächlich sind die Anforderungen unterschiedlich. Mitunter ist eine Genauigkeitstoleranz von etwa 1cm ausreichend für grobe Berechnungen und erkennbare Modelle. Gerade im Kontext der Zustandsdokumentation und -überwachung interessieren sich verschiedene Disziplinen jedoch für konkrete Details mit zehn oder hundert Mal höherer Auflösung. Darüber hinaus werden für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen zusätzliche Informationen, z.B. über Dichte, Feuchtigkeit und Material benötigt.
- DS** Das heißt, die Modelle werden dann so aufbereitet, dass der "Otto-Normal"-Verbraucher sie mit seinem eigenen, normalen Rechner nutzen kann. Beispielsweise könnte die Klassik Stiftung Weimar das erwähnte Schlossplatzmodell nutzen, um es im Rahmen eines Wettbewerbs für den Bau eines neuen Besucherzentrums an die teilnehmenden Architekturbüros weiterzugeben, damit diese ihren Entwurf direkt innerhalb des Modells platzieren können?
- NH** Das ist tatsächlich unser Ziel, aber gegenwärtig geht die Schere noch recht weit auseinander. Beim Schlossplatz Weimar haben wir z.B. mit einer Abbildung der gesamten Oberfläche von gerade einmal 460 Millionen Dreiecken gerechnet, die alle Formen auf diesem Platz im Modell abbilden.
- AK** Das ist schon ein recht großes Modell, aber wir erwarten, dass die nutzbare und geforderte Scanning-Auflösung mittelfristig deutlich höher wird. Scannen kann man heute schon in nahezu beliebiger Auflösung, wie unsere Arbeiten im 3D-Pitoti Projekt gezeigt haben. Das ist allerdings sehr zeitaufwendig und solche Modelle erfordern spezielle Verfahren zur Visualisierung wie auch eine einigermaßen leistungsfähige Hardware.
- NH** Beispielsweise konnte die am Schlossplatz-Projekt beteiligte Architektin, obgleich ihre Rechnerinfrastruktur für ein solches Büro vergleichsweise gut war, nicht mit mehr als fünf Millionen Dreiecken umgehen. Dementsprechend nimmt die Auflösung und Genauigkeit derzeit vom Entwickler zum "Normal"-Nutzer noch sehr ab. Unser Ziel ist daher, möglichst genau, aber für den praktischen Anwendungsfall noch kompatibel abzubilden.
- DS** Hier wird die Entwicklung der Technik ja auch weiter voranschreiten – vor 40 Jahren konnten sich die wenigsten einen Tachymeter leisten, den heutzutage auch kleinere Bauforschungsbüros besitzen. Aber wie steht es eigentlich mit der Datenhaltbarkeit?
- NH** Dies ist eine der wichtigsten Fragen und auch der größten Herausforderungen. An der Bundeswehr-Universität München wurde vor kurzem ein Forschungsprojekt abgeschlossen, das sich mit der Frage beschäftigt, wie Bauwerksdaten aufgenommen und gespeichert werden müssen, damit diese auch in 100–200 Jahren nutzbar sind. Während für historische Bauten zumeist analoge Planunterlagen in Archiven vorhanden sind, gibt es etliche moderne Bauten, für die keinerlei Unterlagen verfügbar sind, weil die Pläne digital in Datenformaten vorliegen, die heute nicht mehr zu öffnen sind.
- DS** Hier gibt es das berühmte Beispiel des ersten 3D-Modells des Klosters Cluny, das nur noch in der analogen Publikation angeschaut werden kann, da das digitale Modell nicht mehr lesbar und somit verloren ist. Der Architekt und Informatiker Piotr Kuroczyński, der sich intensiv mit digitalen 3D-Rekonstruktionen von Kulturerbe beschäftigt, spricht in diesem Zusammenhang von „digitalen Elefantenfriedhöfen“. Daher fordern viele Landesdenkmalämter bei Gutachten o.ä. auch immer noch zusätzlich die Abgabe analoger Formate wie Pläne, Schwarz-Weiß-Fotos inkl. Negative oder gar Dias, da sich eine rein digitale Archivierung als zu unsicher bzw. kurzlebig erwiesen hat.
- AK** Dieses Problem könnte eigentlich relativ einfach verringert werden, indem anstelle von proprietären Formaten offene Formate verwendet werden würden, die klar beschrieben sind und über eine gut dokumentierte Schnittstelle verfügen, dann können sie später auch wieder gelesen werden. Zusätzlich braucht es eine gewisse Datenträgervielfalt bei der Archivierung.
- DS** Aber da wir aufgrund der technischen Möglichkeiten heute viel mehr Daten generieren, fällt es

uns auch zunehmend schwerer, aus dieser Masse das Nötige zum Archivieren zu selektieren.

- NH** Richtig, auch hier werden nicht immer die richtigen Entscheidungen getroffen. Bei den 3D-Rekonstruktionen sind das Wichtigste eigentlich die RAW-Bilder des aufgenommenen Objektes. Denn diese stellen, zusammen mit den eingemessenen Passpunkten, die Grundlage für die gesamte Rekonstruktion dar. Alles andere (CAD-Pläne, die Visualisierungen etc.) kann daraus immer wieder generiert werden. Von größter Bedeutung ist dabei jedoch die Archivierung nicht nur des Bildes, sondern auch der dazugehörigen Grundinformationen, damit das Dargestellte, beispielsweise Detailaufnahmen eines Bauwerksschadens, auch in 100 Jahren noch lokalisierbar sind. Erst wenn diese Basisinformationen (d.h. was ist dargestellt, wo befindet es sich, von wann stammt die Aufnahme etc.) mit denen der Bewertung verknüpft werden können, entsteht ein Mehrwert.
- AK** Tatsächlich ist es überaus wichtig, rohe Sensordaten immer aufzuheben und nicht nur das 3D-Modell. So können bei kritischen Nachfragen seitens derer, die die Rekonstruktion nutzen – Bauingenieure genauso wie Archäologen tendieren dazu, den digitalen Realisierungen erstmal zu misstrauen, und dies zu Recht – die Bildrohdaten erneut auf spezifische Fragen hin überprüft werden.
- DS** Auch hier wären wir wieder bei den digitalen Fußnoten.
- AK** Genau, es geht aber nicht nur um die Speicherung der ursprünglichen Daten auf Festplatten o.ä., sondern um viel mehr. Piotr Kuroczyński beschäftigt sich intensiv mit der semantischen Verlinkung dieser Informationen. Erst wenn dies gelingt, sind die Daten tatsächlich vielfältig verwendbar und man kann aus verschiedenen Perspektiven immer wieder auf sie zugreifen. Nur wenn Informationen genutzt werden, bleiben sie erhalten.
- DS** das Gleiche gilt für historische Gebäude ...
- AK** In dem Moment, wo keiner mehr draufschaut, verstauben sie [die Daten] und irgendwann werden sie höchstwahrscheinlich nicht mehr auf einen neuen Datenträgertypus gerettet.
- NH** Auch wir arbeiten an dieser Thematik. Die Forschergruppe „Digital Engineering für Planungs- und Revitalisierungsprozesse von Stadtquartieren“ an unserer Professur beschäftigt sich mit der Zustandserfassung von Stadtquartieren und deren energetischer Bewertung. Untersucht wird derzeit, wie Bestandsdaten von einem Objekt auf Basis von BIM [Building Information Modeling] gespeichert und mit anderen Daten verknüpft werden können. Viele Architekten und Ingenieure benutzen BIM allein für den Planungsprozess, obwohl das zeitlich gesehen ja nur die kleinste Spanne des Gebäudes umfasst. Tatsächlich kann man mit BIM quasi eine vollumfassende digitale Bauakte erstellen, wenn die Daten vernünftig miteinander verlinkt sind.
- DS** Ich habe noch eine andere Frage. Digitale Rekonstruktionen sind für unsere Disziplin auch im Bereich der Bauforschung von großer Bedeutung. Vor allem bei der Erforschung von nicht oder nur teilweise erhaltenen Bauwerken reichen die aus der Analyse des Bauwerks und der Quellen gewonnenen Informationen vielleicht für eine ungefähre Rekonstruktion aus, aber für viele, die Wahrnehmung durchaus prägende Details wie Dachformen, Oberflächengestaltungen o.ä. können nur ungenaue Aussagen getroffen werden, mitunter sogar gar keine. Das Problem ist meiner Ansicht nach die Macht der Visualisierung – einmal dargestellt wird die eventuell mögliche Dachform oder Wandfassung schnell als gegeben akzeptiert. Welche Möglichkeiten könnte eure Art der Rekonstruktion hier bieten, diese Unschärfe des Wissens auch als solche darzustellen?
- AK** Wir nennen dies die Visualisierung von Unsicherheiten. Das ist ein wichtiges Thema, das wir bei verschiedensten Datentypen haben. Häufig sind die Sensordaten nicht genau genug und fordern einen hohen Grad an Interpretation, speziell bei Volumendaten ist dies der Fall. Wie visualisiert man also Unsicherheiten, gerade in der dreidimensionalen virtuellen Realität, die unserem Wahrnehmungssystem suggeriert: es ist genau so, wie du es siehst. Meiner An-

sicht nach lernen die Nutzer immer besser, damit umzugehen, eine Simulation als Simulation zu verstehen und grundsätzlich auch in Frage zu stellen. Selbstverständlich können wir aber auch alternative Simulationen nebeneinanderstellen, die der Nutzer vergleichend anschauen kann. Hier kann man sich auch gut didaktische Programme vorstellen. Dann wird dem Nutzer zunächst nur gezeigt, was man weiß, und dann bietet man ihm an, die verschiedenen Rekonstruktionsvarianten virtuell auszuprobieren. Die Interaktivität, die unsere 3D-Visualisierungen mitbringen, bieten jede Menge Spielraum und Möglichkeiten, Alternativen erlebbar zu machen.

DS Aber der letzte Schritt, zur analogen Rekonstruktion, bleibt ein heikler. In den vergangenen zwei Jahren wurde ja durchaus vehement und auch von anerkannten Kunsthistorikern gefordert, die Rekonstruktion mittels 3D-Drucker als Antwort auf die Zerstörungen des sog. Islamischen Staats zu verstehen: „Dann drucken wir Palmyra eben noch einmal aus“. Aber der in diesem Zuge tatsächlich realisierte 3D-Plot des Triumphbogens von Palmyra, der im Frühjahr 2016 am Trafalgar-Square unter großer Medienpräsenz temporär aufgestellt wurde, hat im Vergleich mit dem Original deutlich gezeigt, dass er zum einen bei weitem nicht dem Original entspricht, und dass die ethische Frage gänzlich unbeantwortet bleibt. Denn das kulturelle Erbe ist ja weit mehr als seine Visualisierung.

AK Ich komme aus Dresden und habe den Wiederaufbau des Neumarktes miterlebt. Wie in Syrien gab es auch hier zuvor eine Zerstörung, wenngleich vor vielen Jahrzehnten. Aber mit der Rekonstruktion verschwindet auch etwas der Lesbarkeit von Geschichte im Stadtbild, und das halte ich für schwierig, allzumal eine architektonische Lösung für eine Lebenswirk-

lichkeit implementiert wird, die es so gar nicht mehr gibt. Auch in Potsdam wird die Problematik sichtbar. Hier musste die Geometrie des Schlosses beim Wiederaufbau stark angepasst werden, um nicht mit der aktuellen Straßenführung zu kollidieren. Und dennoch; verließ man das Schloss über die ehemalige Haupttreppe, könnte dort keine Kutsche halten. Stattdessen liefe man Gefahr, unmittelbar von einer Straßenbahn oder einem Auto überfahren zu werden.

DS Aber seid ihr, als digitale Rekonstrukteure, dann die Alternative für die analoge Rekonstruktion oder doch eher die Steigbügelhalter?

AK Ich denke, wir sind eine Alternative, denn mit der virtuellen Realität können wir zum einen viele Varianten visualisieren, und zum anderen werden wir, mit entsprechender Begleitforschung anderer Disziplinen, auch breiteren Massen anbieten können, virtuelle Stadtpaziergänge in unterschiedlichen historischen Zuständen zu unternehmen.

NH Und hier zeigt sich wieder die Vielfalt der Datennutzung – der eine nutzt die Rekonstruktion, um den kleinsten Riss zu erkennen, der nächste, um vergangene Welten daraus zu kreieren, und beide Anwendungen basieren vielleicht auf demselben Bilddatensatz.

AK Was tatsächlich analog wieder rekonstruiert wird, ist ja auch eine Frage von Mode und Trends. Gegenwärtig reißt man einen DDR-Bau ab, um ein Schloss wieder aufzubauen. Wer weiß, welche Projekte kommende Generationen angehen werden. Eventuell werden sie das Schloss wieder abreißen, um eine prähistorische Siedlung aus Beton zu gießen ...

Abbildungsnachweis