

Vom Luftbild zum 3D-Modell

zum Einsatz von unbemannten Luftfahrzeugen in der Archäologie des Vorderen Orients

Benjamin Glissmann, Jason Herrmann¹, Matthias Lang²

¹ Institut für die Kulturen des Alten Orients der Universität Tübingen, ² eScience-Center der Universität Tübingen

Unbemannte Luftfahrzeuge – meist als Drohnen bezeichnet – entwickeln sich immer mehr zu einem wichtigen Dokumentationswerkzeug in der archäologischen Feldforschung. Waren die Geräte noch vor wenigen Jahren äußerst kostspielig sowie schwierig zu fliegen und zu warten, lassen sich heute bereits für niedrige dreistellige Beträge Drohnen erwerben, deren Betrieb auch durch einen Laien schnell zu erlernen ist.

In einem Großteil der Projekte dienen die UAVs (unmanned aerial vehicle) meist zur Aufnahme von Luftbildern und Filmen zu reinen Visualisierungs- und Präsentationszwecken, eine Integration der Geräte in den eigentlichen Dokumentations- und Forschungsprozess findet meist nicht statt.

Integration von unbemannten Luftfahrzeugen in die archäologische Dokumentation

In diesem Beitrag soll diskutiert werden, wie diese Systeme sinnvoll in den Workflow der Dokumentation integriert werden können und welchen Mehrwert sie gegenüber herkömmlichen Methoden besitzen und diese in Teilen obsolet machen.

Dies soll am Beispiel eines Surveys im kurdischen Teil des Irak aufgezeigt werden, der seit 2013 an der Universität Tübingen durch Peter Pfälzner durchgeführt wird. Ziel des Projektes ist die Identifikation und die Untersuchung von künstlichen Siedlungshügeln, sogenannten Tells, die meterhoch aus der Landschaft ragen und durch eine stetige Besiedlung desselben Ortes teils über mehrere Jahrtausende entstehen.

Besonders Beachtung sollen in diesem Beitrag die spezifischen Anforderungen der Archäologie des Vorderen Orients sowie die Auswirkungen der extremen äußeren Bedingungen auf die Arbeiten finden.

Dokumentation der Fundstellen

Eine der wichtigsten Aufgaben bei der Dokumentation der Tells liegt in einer genauen geographischen Verortung und einer möglichst präzisen Kartierung des gesamten Befundes. Diese Informationen können dann in einem nächsten Schritt in elektronischen Geoinformationssystemen verwaltet und analysiert werden, um beispielsweise Rückschlüsse zur Siedlungsstruktur einer ganzen Region in einer spezifischen Epoche zu ermöglichen.

Aufgrund der großen Anzahl von Fundstellen im Untersuchungsareal muss diese Erfassung schnell und effizient erfolgen. Zusätzlich erschwert werden die Arbeiten durch die teilweise große Entfernung der einzelnen Sites, durch das häufig unwegsame Gelände und durch das vollständige Fehlen von bekannten Vermessungspunkten. Um diesen Problemen zu begegnen wurden verschiedene Ansätze evaluiert.

Herkömmliche Vermessungsmethoden

Eine tachymetrische Erfassung der Befunde ist aufgrund des Fehlens korrespondierender Festpunkte mit bekannter Koordinate nur in einem lokal beschränkten Vermessungsnetz möglich. Zudem ist bei dieser Methode aufgrund der Morphologie der Tells ein häufiges Umstationieren des Tachymeters

erforderlich, da stets eine Sichtverbindung zwischen Gerät und Winkelprisma notwendig ist. Darüber hinaus muss der Vermesser jeden Punkt der zu vermessenden Struktur anlaufen, um punktgenaue Daten zu erheben. Aufgrund der Geländestruktur war dies bei einem Großteil der zu vermessenden Sites nicht zu gewährleisten.

Somit muss diese Methode als ineffizient und aufgrund der fehlenden absoluten Verortung in einem standardisierten Koordinatensystem als ungeeignet angesehen werden.

Als zweite Methode wurde die Vermessung der Sites mittels GPS angedacht. Dies erlaubt zwar eine Vermessung in einem absoluten Koordinatensystem, nach wie vor muss jedoch jeder Punkt zeitaufwendig angelaufen werden, um eine präzise Kartierung zu gewährleisten.

Als weiterer Nachteil beider Methoden muss zudem angeführt werden, dass sie lediglich punktförmige Daten produzieren, die in einem zweiten Schritt erst aufwendig zu fertigen Karten zusammengeführt werden müssen.

Einsatz von luftgestützter Photogrammetrie

Aus diesen Gründen haben wir uns dazu entschieden, ausschließlich luftgestützte Photogrammetrie zur Vermessung der Siedlungshügel zu verwenden, die eine effiziente und präzise Erfassung erlaubt.

Setup und Einsatz der Drohne

Grundlage dieser Methoden sind Luftbilder sowie mittels GPS eingemessene Passpunkte. Zur Aufnahme der Bilder kam ein Quadrocopter des Typs *DJI Phantom Vision +* zum Einsatz, der sich per GPS positioniert und mit einer Funkfernsteuerung sowie einer Smartphone-App gesteuert wird. In dieser App sind ein Livebild der eingebauten Kamera sowie Telemetriedaten wie Flughöhe und Akkustand verfügbar. Aufgrund der hellen Umgebung waren diese Daten jedoch nur bedingt ablesbar und eine Positionierung der Drohne musste weitestgehend über einen Sichtkontakt zum Gerät selber erfolgen. Hier sollen in Zukunft verschiedene Schutzvorrichtungen vor zu starker Sonneneinstrahlung evaluiert werden. Die Aufnahme der Bilder erfolgt intervallgesteuert, so dass sich der Pilot lediglich um die Positionierung der Drohne über dem Grund zu kümmern hat. Als geeignete Flughöhe haben sich ca. 50 Meter erwiesen, die sowohl eine große Überlappung der Bilder als auch eine entsprechende Auflösung gewährleistet. Aufgrund der GPS-Positionierung der Drohne kann diese Flughöhe ohne Mühe konstant gehalten werden.

Um ein späteres Zusammenfügen der Bilder positionsgenau zu ermöglichen sind auf dem Grund Passpunkte verteilt, die mittels eines GPS-Gerätes genau eingemessen werden. Die Bilder der Drohne tragen zwar ebenfalls GPS-Informationen, diese zeigen jedoch die genaue Position der Drohne bei der Aufnahme an und nicht die Position des aufgenommenen Areals.

Als problematisch hat sich die Auswirkung großer Hitze auf die Elektronik der Drohne erwiesen, Abbrüche des Funkkontaktes zwischen Fernsteuerung und Drohne waren die Folge. Ein Schutzmechanismus lässt in diesem Fall den Kopter jedoch zu seinem Startpunkt zurückkehren, so dass hier ein sicherer Betrieb stets gewährleistet ist.

Erstellung von kartographischen Informationen aus Luftbildern mittels SFM

In einem zweiten Schritt müssen nun die Luftbilder prozessiert und mit den GPS-Koordinaten verbunden werden. Hierzu wird die Software Agisoft Photoscan Pro verwendet, die eine weitestgehend automatisierte Verarbeitung der Bildinformationen mittels Structure from Motion (SFM) zu einem fertigen 3D-Modell erlaubt. Hierzu werden in den Bildern gemeinsame Strukturen wie Eckpunkte oder Linien durch die Software erkannt und in einem dreidimensionalen Raum verortet. Hierzu ist eine Überlappung der verwendeten Bilder notwendig. Der Methode liegen dieselben

Prozesse zu Grunde, die das menschliche Gehirn zur Konstruktion dreidimensionaler Informationen verwendet.

In einem nächsten Schritt werden diese Passpunkte trianguliert und vernetzt. Dieses sogenannte Mesh kann nun wiederum mit einer photorealistischen Textur versehen werden, die ebenfalls aus den Luftbildern abgeleitet wird. Die auf den Bildern zu identifizierenden Passpunkte müssen mit den GPS-Koordinaten verbunden werden, um das Modell mit absoluten Größeninformationen zu verbinden. Ohne diese Zusatzinformationen ist das Modell maßstabslos und kann kaum sinnvoll genutzt werden.

Um nun aus diesem Modell eine Karte zu erzeugen, ist ein Export in ein Digital Elevation Modell (DEM) notwendig. Dieses besteht aus einem Rasterbild, in dem die Höheninformationen der einzelnen Pixel durch unterschiedliche Grautöne repräsentiert werden, die mit absoluten Höhenmetern verbunden sind. Die Ausdehnung sowie die Lage des DEMs sind durch die absolute Koordinaten in einem vorher zu bestimmenden Koordinatensystem definiert, die in einer Zusatzdatei abgelegt werden. Das DEM und diese Zusatzdatei können nun mit nahezu jedem Geoinformationssystem eingelesen und weiterverarbeitet werden. Zur Erstellung einer topographische Karte dient nun eine farbliche Repräsentation des DEM sowie hieraus abgeleitete Konturlinien.

Neben einem Export als DEM bedient Photoscan auch weitere Datenformate wie OBJ oder Collada, die eine Weiterverarbeitung des Modells in beliebigen 3D-Umgebungen gestattet.

Als Nachteil der hier präsentierten Methode muss das Fehlen jeglicher Features gelten, die sich im 3D-Modell nicht erkennen lassen. So sind Straßen, Wege sowie unterschiedliche Landnutzungen im DEM nahezu unsichtbar. Photoscan erlaubt jedoch neben dem Export als DEM auch gleichzeitig die Erstellung eines Orthofotos, das eine koordinatenrichtige, rechtwinklige Aufsicht auf das Modell darstellt. Dieses Orthofoto kann ebenfalls im Geoinformationssystem verarbeitet werden und die im Geländemodell unsichtbaren Informationen lassen sich dort nun digitalisieren und gemeinsam mit der topographischen Karte visualisieren.

Erfahrungen aus Ausblick

Die hier vorgestellte Methode hat sich bei der Dokumentation der Siedlungshügel überaus gut bewährt und muss als deutlich effizienter als die herkömmlichen Vermessungsmethoden gelten. Diese Aussage lässt sich jedoch nicht verallgemeinern. So ist eine derartige Vorgehensweise in einer dichten Vegetation deutlich schwieriger einzusetzen, als in der wüstenähnlichen Landschaft des Nordirak. Ebenso hat sich die dünne Besiedlung des Areal als großer Vorteil erwiesen, in einem dichtbesiedelten Gebiet ist der Einsatz solcher Systeme aufgrund von Aspekten der Sicherheit durchaus fragwürdig.

Als weiterer großer Vorteil der Methode kann die leichte Weiterverarbeitung der Daten in Geoinformationssysteme sowie 3D-Anwendungen angesehen werden, wodurch in einem einzelnen Arbeitsschritt vielfältige Anforderungen erfüllt werden können.

Die erreichbare Präzision hängt sehr stark von der Auflösung der Kamera, der Flughöhe sowie der Genauigkeit der Vermessung der Passpunkte ab. Für die großflächige Vermessung der Tells ist die erreichte Genauigkeit jedoch absolut ausreichend. In der kommenden Kampagne soll nach Möglichkeit einer zurzeit im Test befindliche, deutlich größere Drohne mit einem hochauflösenden Kamerasetup verwendet werden, das eine Bodenauflösung von 1-2 Zentimetern erlaubt und auch eine Kartierung kleinteiliger Befunde erlaubt.

