

grundstücken eine flächige Unterschutzstellung des römischen Legionslagers K vorzunehmen.

Literatur

M. Kaiser/S. Sauer, Stadtarchäologie in Neuss. 25 Jahre Archäologie im Rheinland 1987–2011 (Stuttgart 2012) 389–391. – S. Sauer/K. Striwe, Stadtarchäologie in Neuss. Ein reiches römisches und mittelalterliches Erbe. Novae-

sium. Neusser Jahrbuch für Kunst, Kultur und Geschichte 2017, 21–28. – www.neuss.de/kultur/stadtgeschichte/publikationen-zur-archaeologie-der-stadt-neuss (Zugriff: 26.08.2019).

Abbildungsnachweis

1 D. Zdravkovska/Stadt Neuss, Amt für Stadtplanung, Grundlage Amtliches Stadtplanwerk der Stadt Neuss- LVN. – 2–4 H.-J. Loosen/Stadt Neuss, Amt für Stadtplanung.

Rheinland

Der Einsatz von Multikoptern in der Prospektion – rechtliche und methodische Aspekte

Eva Cott und Tanja Dujmović

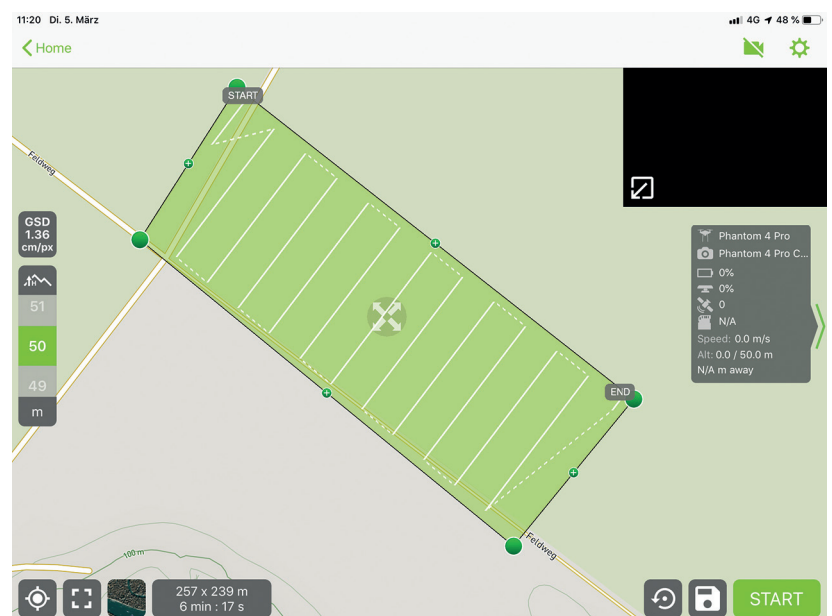
Die Anschaffung eines unbemannten Luftfahrt-systems – umgangssprachlich als Drohne bezeichnet – für Prospektionen des LVR-Amtes für Bodendenkmalpflege im Rheinland erfolgte vor dem Hintergrund, Orthofotos und hochauflösende Geländemodelle mithilfe des Structure-from-Motion-Verfahrens (SfM) zu erzeugen. Die auf diese Weise durch Mappingflüge erzeugten Aufnahmen kleinerer landschaftlicher Ausschnitte werden mithilfe weiterer Daten, die durch verschiedene Prospektionsmethoden gewonnen wurden, ausgewertet.

Die Wahl fiel auf ein handliches Gerät der Firma DJI, die Phantom 4 Pro (vgl. S. 12–13). Das geringe Gewicht von 1,3 kg erlaubt es, mit einer Akkuladung eine Flächenabdeckung von 10 ha zu erreichen. Die im Quadrokopter eingebaute Kamera besitzt einen 1-Zoll-Sensor mit einem Zentralverschluss, der besonders gute Voraussetzungen für die Aufnahme von Bildern mit einer sich bewegenden Kamera bietet.

Neben den methodischen Aspekten zur Datenerfassung und -auswertung sollen im Rahmen dieses Artikels auch die rechtlichen Aspekte, die der Betrieb eines unbemannten Luftfahrtsystems mit sich bringt, kurz beleuchtet werden. Grundlage hierfür bildet die neue Drohnenverordnung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur vom 7. April 2017. Darin werden Punkte wie Kennzeichnungspflicht, Verbotstatbestände, Ausnahmegenehmigungen, Erwerb des Kenntnisnachweises und Versicherungspflicht behandelt. Die Kenn-

zeichnungspflicht mit einer feuerfesten Plakette mit den Adressdaten des Eigentümers ist für Geräte mit einem Gewicht ab 250 g erforderlich. Viele Bereiche dürfen nicht überflogen werden, wie beispielsweise Bundesfernstraßen oder Industrieanlagen. Wohngrundstücke dürfen nur mit der Erlaubnis des Eigentümers überflogen werden. Die Flughöhe ist in der Regel auf 100 m beschränkt. Der Erwerb des sog. Drohnenführerscheins wird ab einer Startmasse von 2 kg verpflichtend. Unabhängig vom Gewicht besteht die Verpflichtung eine Versicherung

1 Flugplanung für eine autonome Matrixbefliegung mithilfe der App Pix4Dcapture.



für den Betrieb des kleinen Luftfahrzeuges abzuschließen. Wenn die Beantragung einer Erlaubnis notwendig ist, geschieht dies über die zuständige Luftfahrtbehörde, in NRW sind die dafür zuständigen Stellen bei den Bezirksregierungen Düsseldorf und Münster zu finden.

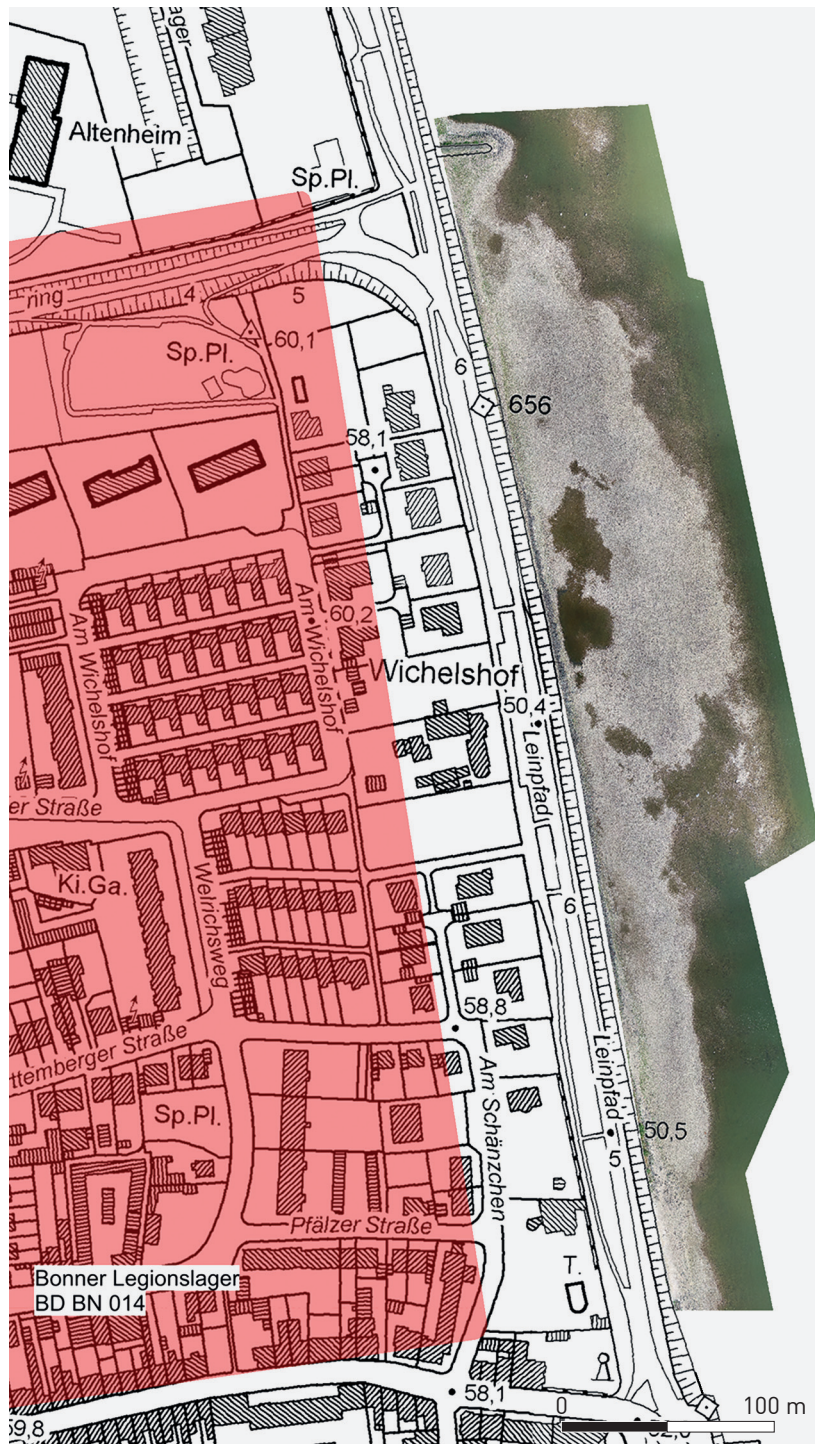
Zur Flugplanung dienen einige amtliche Quellen wie beispielsweise die ICAO-Karten (International Civil Aviation Organisation), die Informationsportale der Deutschen Flugsicherung (DFS) und des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Die ICAO-Karte bietet gebündelte Informationen zum Luftraum im Maßstab 1:500 000. Eine geeignete Informationsquelle für

eventuelle Flugbeschränkungen ist die App der DFS für den sicheren Drohnenflug. Hier kann eine regionale Abfrage unter Eingabe der Werte zu Gerätetyp, Flughöhe und -radius vorgenommen werden. Weiterhin bietet die DFS über das AIS-Portal die aktuellen NOTAM-Briefings für den Sichtflug an, denen man regional kurzfristige Informationen und temporäre Beschränkungen entnehmen kann. Die Wetterbedingungen können über die Website des DWD erfragt werden. Hier gibt es einen Zugang für Fachnutzer mit einer individuellen Flugwetterberatung für Luftfahrer.

Wenn der Start bevorsteht sollten der Pilot und eine eingewiesene Begleitperson, der sog. Spotter, eine Gefährdungsbeurteilung vornehmen und einen Plan für einen eventuellen Notstop entwickeln. Hierzu gehören z. B. die Beurteilung der technischen Beschränkungen des Fluggerätes sowie möglicher Gefahrenquellen wie Hindernisse oder Greifvögel. Der Landeplatz sollte so gewählt sein, dass dieser bei einem Notstop jederzeit gut erreichbar und einsehbar ist. Nähert sich ein Hubschrauber gilt der Grundsatz, die Drohne unverzüglich auf den Boden zu bringen. Grundlage für die Erstellung von Orthofotos und Geländemodellen ist das SfM-Verfahren. Dieses photogrammetrische Verfahren ermöglicht es, aus einfachen Fotos unkalibrierter Kameras dreidimensionale Informationen zu errechnen. Datengrundlage ist eine Serie stark überlappender Fotos, welche die Szenerie lückenlos abdecken. Jeder Punkt muss auf mindestens zwei Bildern abgebildet sein, damit seine dreidimensionale Position ermittelt werden kann. Charakteristische Punkte in den einzelnen Fotos werden durch verschiedene Algorithmen berechnet und über die gesamte Bildserie miteinander verknüpft. Hieraus wird eine dichte Punktwolke erzeugt, die Grundlage für die Berechnung des Orthofotos ist. Daraufhin findet die Dreiecksvermaschung statt, die wiederum die Grundlage für das dreidimensionale Geländemodell ist.

Mithilfe verschiedener Apps besteht die Möglichkeit, eine autonome Befliegung durch die Drohne zu planen und durchzuführen. Hierbei werden die zu befliegende Fläche, Start- und Endpunkt, die Anzahl der aufzunehmenden Bilder, deren Überlappung sowie Flughöhe und Aufnahmewinkel festgelegt (Abb. 1). Aus den gewählten Parametern ist schon vor dem Flug zu ersehen wie hoch die Ground Sample Distance (GSD) sein wird. Bei einer Flughöhe von 50 m und einer Bildüberlappung von 70 % werden Werte von 1,36 px/cm erreicht. Der GSD bemisst den Grad der Auflösung eines Orthofotos und gibt den Abstand zwischen den Zentren benachbarter Pixel am Boden wieder. Je größer der Wert der GSD eines Bildes ist, desto geringer ist die Bodenauflösung und umso geringer ist die Erkennbarkeit von Details. Die GSD der Orthofotos, die von Geobasis NRW zur Verfügung gestellt werden, liegen bei einem Wert von 10 px/cm.

2 Bonn-Castell. Orthofoto des Rheinbettes bei Niedrigwasser auf Höhe des römischen Legionslagers am 29.08.2018 bei einem Pegelstand von 125 cm.



Eine Georeferenzierung erfolgt über regelmäßig verteilte Festpunkte (Ground Control Points), die mit einem externen GPS Gerät eingemessen werden.

Am 29. August 2018 lagen aufgrund des historisch niedrigen Rheinpegels von 125 cm (Pegel Bonn) günstige Bedingungen vor, um das zutage tretende Rheinbett auf Höhe des Bonner Legionslagers zu befliegen. Das 8 ha große Areal von 630 m Länge und 130 m Breite wurde auf vier separaten Flugrouten aus 50 m Höhe mit jeweils einer Dauer von durchschnittlich zehn Minuten befliegen (Abb. 2). Hierbei wurden 121 Fotos aufgenommen, aus denen sich mithilfe des SfM-Programms Agisoft PhotoScan Professional nach einer Berechnungszeit von mehreren Stunden ein georeferenziertes Orthomosaik und ein dreidimensionales Geländemodell generieren ließen. Die Datengröße der erstellten Produkte liegt zwischen 1,5–2,5 GB bei einer Auflösung von 300 dpi. Das GeoTiff diente als Grundlage zur Erstellung verschieden berechneter Geländemodelle mithilfe des Programms Relief Visualization Toolbox.

Neben den vorgestellten Methoden ist geplant, die digitale Flächendokumentation auf Grabungen durch den Einsatz eines Multikopters zu unterstützen. Weiterhin sind Vergleiche von Bildserien verschiedener Wellenlängenbereiche wie beispielsweise dem Nahinfrarotbereich interessant. Zum Pflichtprogramm wird in näherer Zukunft auch die Beantwortung der Frage nach der Langzeitarchivie-

rung der auf diese Weise generierten Datenmengen stehen.

Literatur

I. Herzog/J. Stratbücker/St. Bödecker, Systematische Auswertung von LiDAR-Daten im Rheinland. *Archäologie im Rheinland* 2015 (Darmstadt 2016) 25–27. – J. Reinhard, Structure-from-Motion-Photogrammetrie mit Agisoft PhotoScan. Erste Erfahrungen aus der Grabungspraxis. In: U. Lieberwirth/I. Herzog (Hrsg.), 3D-Anwendungen in der Archäologie. Computeranwendungen und quantitative Methoden in der Archäologie. Workshop der AG CAA und des Exzellenzclusters Topoi 2013. *Berlin Studies of the Ancient World* 34 (Berlin 2016) 17–44. – C. Steffen, Zwischen Fotodrohne und Computertomograf. Die moderne Dokumentation archäologischer Ausgrabungsbefunde am Beispiel der Ausgrabung am „Hegelesberg“. *Steinzeitdorf und Keltengold. Archäologische Entdeckungen zwischen Alb und Neckar. Archäologische Informationen aus Baden-Württemberg* 78 (Esslingen 2018) 22–41. – G. J. J. Verhoeven, Near-Infrared Aerial Crop Mark Archaeology: From its Historical Use to Current Digital Implementations. *Journal of Archaeological Method and Theory* 19/1 (2012) 132–160.

Abbildungsnachweis

1 T. Dujmović/LVR-Amt für Bodendenkmalpflege im Rheinland (LVR-ABR). – 2 T. Dujmović, E. Cott/LVR-ABR.

Rheinland

Bodendenkmäler digital: das Projekt zur Umsetzung von INSPIRE und Denkmallistenverordnung

Christiane Schmidt

Im September 2017 startete das auf zweieinhalb Jahre angelegte „Projekt zur Denkmallisten- und INSPIRE-gerechten Aufarbeitung von Bodendenkmaldaten im Rheinland“ der Kommunal Agentur NRW. Finanziert durch das Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung (MHKBG) des Landes Nordrhein-Westfalen bietet es in Kooperation mit dem Städtetag NRW, dem Städte- und Gemeindebund NRW sowie dem LVR-Amt für Bodendenkmalpflege im Rheinland (LVR-ABR) den

Kommunen Unterstützung bei der Digitalisierung und Veröffentlichung ihrer Bodendenkmaldaten an. Die Pflicht zur Veröffentlichung der digitalen Daten über allgemein zugängliche Informationsnetze und Datenbanken ist in der Neufassung der Denkmallistenverordnung von 2015 geregelt. Diese fußt auf der sog. INSPIRE-Richtlinie (Infrastructure for Spatial Information in Europe) der EU aus dem Jahr 2007. Um die Nutzung von Geodaten und die Zusammenarbeit in Europa zu erleichtern, hat die EU