



<https://publications.dainst.org>

iDAI.publications

ELEKTRONISCHE PUBLIKATIONEN DES
DEUTSCHEN ARCHÄOLOGISCHEN INSTITUTS

Dies ist ein digitaler Sonderdruck des Beitrags / This is a digital offprint of the article

Daniel Polz – Isa Böhme – Susanne Michels – Christine Ruppert
**Dra' Abu el-Naga, Ägypten. Untersuchungen zu Formation und Entwicklung einer
oberägyptischen Residenznekropole. Die Arbeiten der Jahre 2017 und 2018**

aus / from

e-Forschungsberichte

Ausgabe / Issue **2 • 2018**

Seite / Page **13–20**

<https://publications.dainst.org/journals/efb/2144/6527> • urn:nbn:de:0048-journals.efb-2018-2-p13-20-v6527.8

Verantwortliche Redaktion / Publishing editor

Redaktion e-Jahresberichte und e-Forschungsberichte | Deutsches Archäologisches Institut

Weitere Informationen unter / For further information see <https://publications.dainst.org/journals/efb>

Redaktion und Satz / **Annika Busching (jahresbericht@dainst.de)**

Gestalterisches Konzept: Hawemann & Mosch

Länderkarten: © 2017 www.mapbox.com

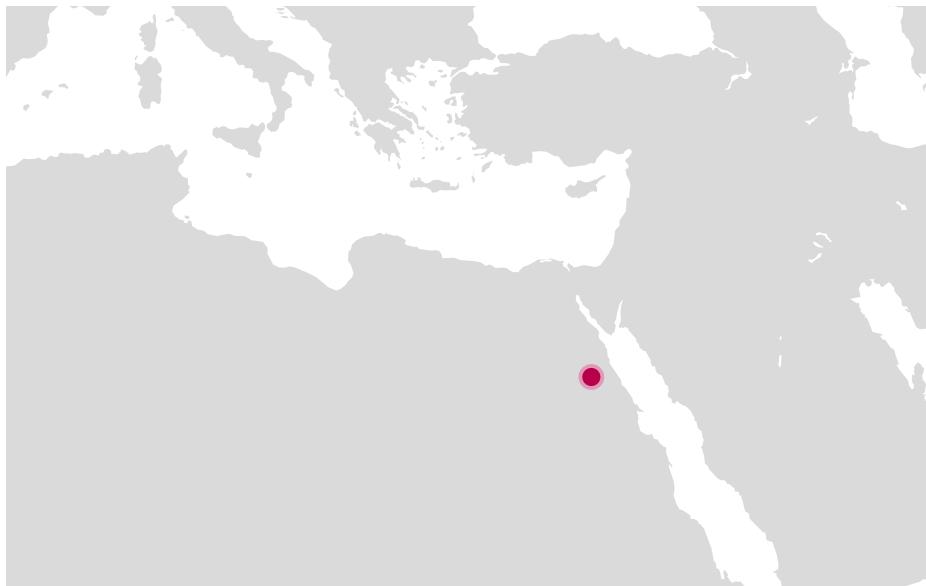
©2018 Deutsches Archäologisches Institut

Deutsches Archäologisches Institut, Zentrale, Podbielskiallee 69–71, 14195 Berlin, Tel: +49 30 187711-0

Email: info@dainst.de / Web: dainst.org

Nutzungsbedingungen: Die e-Forschungsberichte 2018-2 des Deutschen Archäologischen Instituts stehen unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung – Nicht kommerziell – Keine Bearbeitungen 4.0 International. Um eine Kopie dieser Lizenz zu sehen, besuchen Sie bitte <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Terms of use: The e-Annual Report 2018 of the Deutsches Archäologisches Institut is published under the Creative-Commons-Licence BY – NC – ND 4.0 International. To see a copy of this licence visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



DRA' ABU EL-NAGA, ÄGYPTEN

Untersuchungen zu Formation und Entwicklung einer oberägyptischen Residenznekropole

Die Arbeiten der Jahre 2017 und 2018

Abteilung Kairo des Deutschen Archäologischen Instituts

von Daniel Polz (DAI Kairo), Isa Böhme (Universität Leipzig), Susanne Michels (Universität Heidelberg) und Christine Ruppert (Universität Luxemburg / TU Berlin)

e-FORSCHUNGSBERICHTE DES DAI 2018 · Faszikel 2



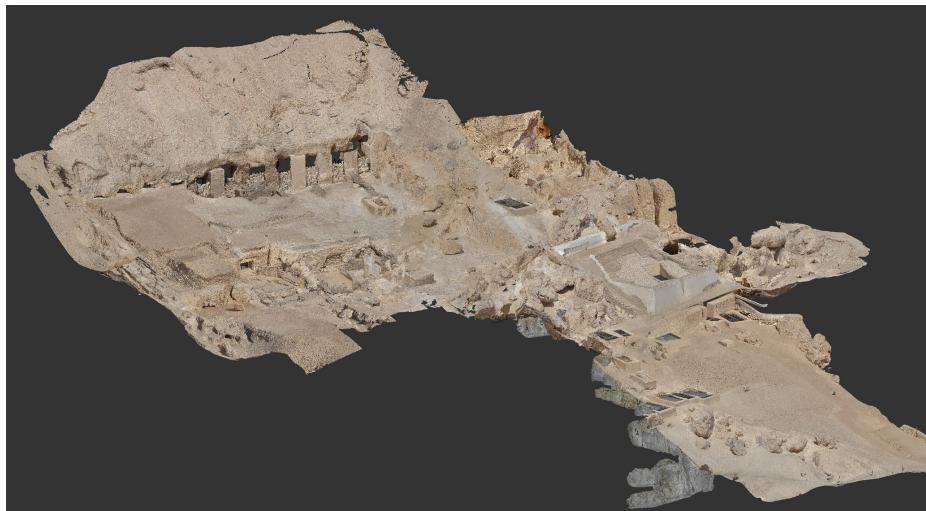
Kooperationspartner: Universität Bern, Institut für Rechtsmedizin, Anthropologie (S. Lösch); Institute for Mummies and the Iceman, EURAC, Bozen (A. Zink).

Leitung des Projekts: D. Polz.

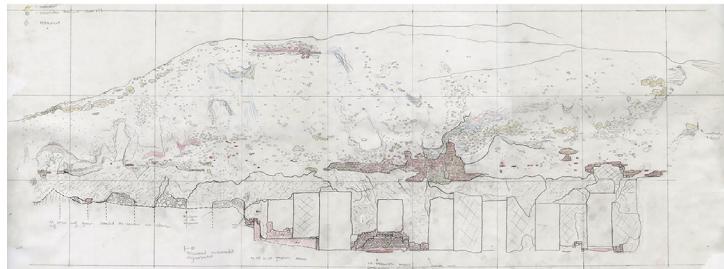
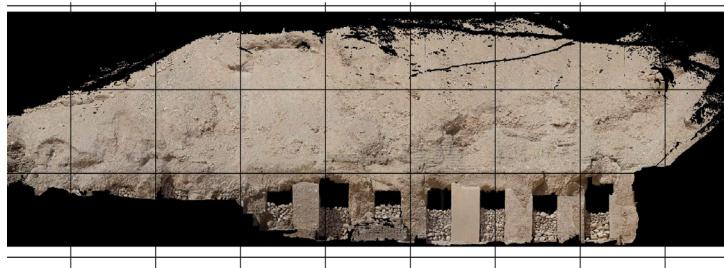
Team: U. Rummel, I. Böhme, St. Fetler, G. Heindl, A. Hilbig, C. Kühne, M. Mahn, S. Michels, E. Peintner, Ch. Ruppert, U. Siffert, J. Tasic.

The institute's archaeological work in the necropolis of Dra' Abu el-Naga was temporarily concluded in 2017. The 2017–2018 seasons in the field primarily focused on the documentation of all accessible architectural and archaeological structures in Area H in Dra' Abu el-Naga, the north-eastern part of the Theban Necropolis. Area H is located in the middle of the foothills of Dra' Abu el-Naga and is the location of two widely visible landmarks: the remains of the mud-brick pyramid of king Nub-Kheper-Ra Intef (late 17th Dynasty, ca. 1580 BC), and the large twelve-pillared 'Saff' tomb no. 232 (TT 232, early 18th Dynasty, ca. 1550 BC). The surrounding area is characterized by an unusually large number of earlier, contemporary and later tombs and tomb shafts. For documentation purposes, both above and below ground, the structure from motion technique has been used.

Die Ausgrabungsarbeiten im Rahmen der Unternehmung konzentrierten sich bis zum Jahr 2016 auf die zwei Grabungsareale E und H innerhalb des



1 3D-Modell der bislang mit dem SfM-Verfahren aufgenommenen Bereiche in Areal H. Oben links die Fassade des Saff-Grabes TT 232, in der Bildmitte rechts die teilweise restaurierte Pyramide des Nub-Cheper-Re Intef mit ihrer Umfassungsmauer. (Erstellung: Ch. Ruppert)



2 Orthofoto und darauf basierende Zeichnung der Fassade des Saff-Grabes TT 232. Das stark geböschte Gelände oberhalb der Fassade ist nicht betretbar und kann daher nicht mit Hand vermessen und gezeichnet werden. (Erstellung des Fotos und Zeichnung: Ch. Ruppert)

Konzessionsgebietes. Im Zentrum des knapp unter der Hügel spitze von Dra' Abu el-Naga gelegenen Areals E liegt der in der beginnenden 18. Dynastie (um 1550 v. Chr.) errichtete und in der ausgehenden Ramessidenzeit, etwa 400 Jahre später, neugestaltete riesige Doppelgrabkomplex K93.11/K93.12 (siehe die DAI e-Forschungsberichte hierzu: U. Rummel, [eDAI-F 2014-2](#) ¹ und [eDAI-F 2015-2](#) ²). Am Fuß des Hügels befindet sich Areal H, welches das Gebiet im Umkreis der 2001 entdeckten Lehmziegelpyramide des Königs Nub-Cheper-Re Intef der späteren 17. Dynastie und diese selbst umfasst (ca. 1580 v. Chr.; dazu siehe den DAI e-Forschungsbericht: D. Polz, [eDAI-F 2016-2](#) ³).

Der Fund eines Pyramidionfragmentes von dessen vermutlichem Bruder und Vorgänger Sechem-Re Wep-Maat Intef macht die Existenz zumindest einer weiteren Pyramide in unmittelbarer Nähe wahrscheinlich. Die Errichtung zweier königlicher funerärer Bauwerke in Pyramidenform inmitten der Nekropole hat die alte Landschaft und ihre weitere Nutzung nachhaltig verändert. Die Präsenz der Anlagen und der an ihnen stattfindende Kult haben über Jahrhunderte, bis zum Ende des Neuen Reiches, die Gestaltung der näheren und weiteren Umgebung mitbestimmt. Nach gegenwärtiger Kenntnis ist davon auszugehen, dass diese königlichen Pyramiden vom Ende der 17. Dynastie das form- und sinngebende ‚Modell‘ für die zahlreichen Pyramiden oberhalb von Privatgräbern vom frühen bis zum späten Neuen Reich (d. h. der 18. bis 20. Dynastie) in den thebanischen Nekropolen bildeten. Neben der königlichen Pyramide des Nub-Cheper-Re Intef und der riesigen Felsgrabanlage TT 232 findet sich in Areal H eine Vielzahl von ‚privaten‘ Grabanlagen unterschiedlichster Architektur und Dimensionen, die hier über Jahrhunderte hinweg angelegt wurden. Stellenweise liegen die Gräber derart eng beieinander, dass sie sich nur wenig versetzt gegenseitig über- und unterschneiden und nicht selten sogar kupieren. Es liegt auf der Hand, dass ein solcher architektonisch und baugeschichtlich höchst komplexer Befund mit herkömmlichen 2D-Aufnahme- und Wiedergabeverfahren nur unzureichend oder gar nicht dokumentierbar ist. Die deshalb hier angewendeten 3D-Verfahren sind das Hauptthema dieses Forschungsberichts.

Im Jahre 2017 wurden die eigentlichen Ausgrabungsarbeiten der Unternehmung in Dra' Abu el-Naga vorläufig eingestellt. In diesem und dem



3 Orthofoto der Ostwand der Querhalle von K01.5, dem Grab des Domänenverwalters Amenhotep, mit Resten der nur in Vorzeichnung ausgeführten Dekoration.
(Erstellung: Ch. Ruppert/J. Tasic)

folgenden Jahr 2018 konzentrierten sich die Arbeiten auf die weitere Dokumentation von Keramik und Funden aus den verschiedenen, in den vergangenen Jahrzehnten bearbeiteten Arealen innerhalb des Konzessionsgebietes. Diese Arbeiten dienen der Vorbereitung abschließender Publikationen.

Daneben wurde die bereits 2016 begonnene Aufnahme des gesamten Grabungsareals H mit dem *Structure from Motion* (SfM)-Verfahren intensiv fortgesetzt (Abb. 1). Einige der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten dieses relativ neuen und vergleichsweise wenig aufwendigen Verfahrens werden in diesem Bericht vorgestellt.

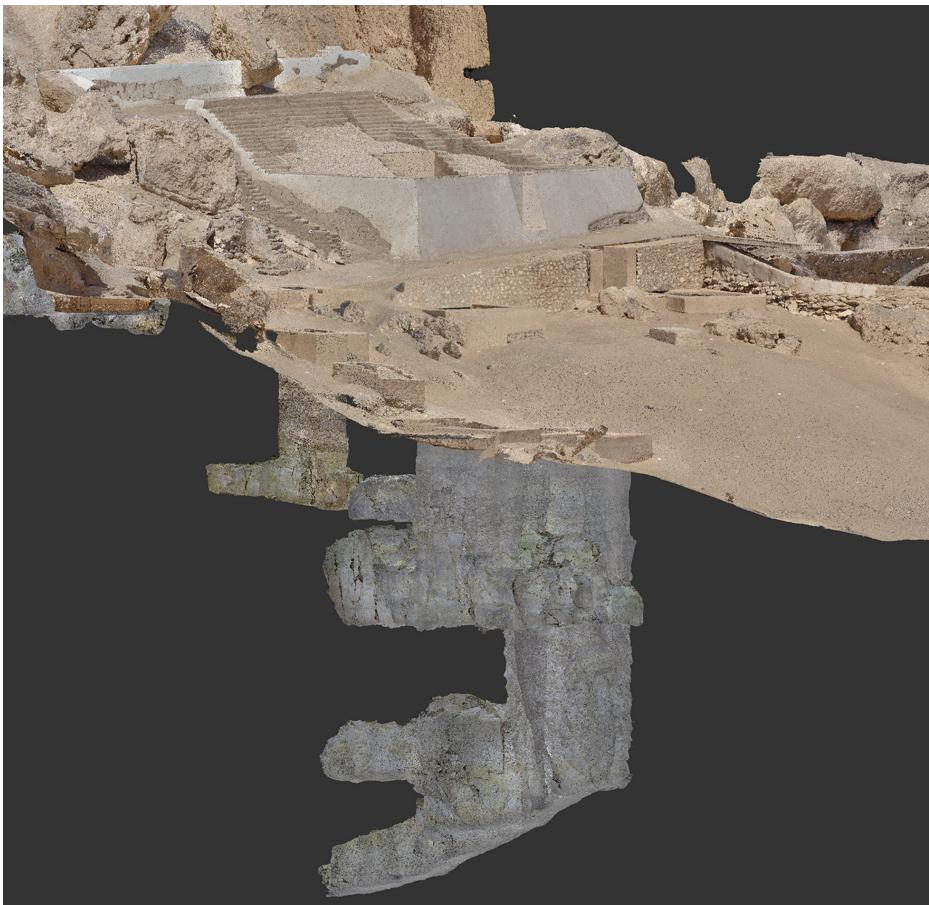
Grundsätzlich bietet sich das SfM-Verfahren auch zur Dokumentation eines vorläufigen oder endgültigen Zustands einer archäologischen Unternehmung an, die in digitaler Form publiziert werden kann. Gerade in Nekropolengrabungen lässt sich mit dem Verfahren zentimetergenau darstellen, wo etwa die abschließenden horizontalen und vertikalen Grenzen eines oberflächigen Grabungsgebietes verlaufen. Ein auf diese Weise digital dokumentierter Endzustand ließe sich dann vor Ort in näherer oder ferner Zukunft rekonstruieren. Darüber hinaus erlaubt das Verfahren aber auch die Dokumentation solcher Arbeitsbereiche, wie etwa unterirdische Anlagen im Fels (Grabanlagen, -schächte und -kammern), die wegen zu schlechter Gesteinsqualität oder wegen durch tektonische Ereignisse verursachten Veränderungen im Felsmassiv aus sicherheitstechnischen Erwägungen heraus nicht über einen bestimmten Punkt hinaus weitergeführt werden konnten.

(Daniel Polz)

Der Einsatz des Structure from Motion (SfM)-Verfahrens

Einer der Schwerpunkte der Frühjahrskampagnen 2017–2018 war die Fortführung der 3D-Aufnahme des Areals H mit dem SfM-Verfahren (Software: Agisoft Photoscan). Ziel ist es, das gesamte Areal inklusive ober- und unterirdischer Anlagen digital zu erfassen und somit eine detaillierte Dokumentation des Bestandes und die Grundlage für spätere Visualisierungen zu erstellen.

Durch das SfM-Verfahren wird eine zentimetergenaue, skalierte und dreidimensionale Dokumentation des Bestandes vorgenommen, die im



4 Ausschnitt des 3D-Modells mit unter- und oberirdischen Strukturen der Gräber K03.1, K03.2, K03.3 und K03.4, in der Bildmitte oben die Pyramide des Nub-Cheper-Re Intef.
Erstellung: Ch. Ruppert)

Vergleich zu traditionellen Dokumentationsverfahren (entzerrte Fotos, Zeichnungen) eine wertvolle Ergänzung und neue Perspektiven bietet.

Im Projektverlauf können alle beteiligten Personen auf das erstellte 3D-Modell zugreifen, um Befunde zu prüfen und einzelne Details bei Bedarf nachzumessen, ohne dafür vor Ort sein zu müssen. Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist die Dokumentation des Originalbefundes, bevor etwaige Restaurierungen durchgeführt werden (s. z. B. Abb. 3). Durch die detaillierte 3D-Aufnahme bleibt der Originalzustand digital erhalten und jederzeit einsehbar. Dies gilt ebenso für die Dokumentation fragiler Befunde, wie z. B. Schnittprofile sandiger Schichten. Sie werden berührungslos dokumentiert und können später jederzeit digital in ihrem Originalverbund analysiert werden.

Die dreidimensionale Dokumentation bietet gegenüber 2D-Ansichten klare Vorteile, da die Strukturen komplett erfasst werden, ohne Beschränkung auf eine bestimmte Blickrichtung, einen Maßstab und einen gewählten Ausschnitt (Grundriss, Ansicht etc.). Die 3D-Dokumentation kann vielmehr genutzt werden, um beliebig viele maßstabsgetreue und fotorealistische Zeichnungsvorlagen zu erstellen und somit bei der Erstellung von Zeichnungen Zeit zu sparen. Dies hat sich insbesondere in den Fällen bewährt, wo der zu dokumentierende Bereich schwierig zu erreichen war (etwa hohe, fast senkrechte Grabfassaden) und man also nicht oder nur schwierig mit traditionellen Techniken per Hand vermessen konnte (Abb. 2).

(Christine Ruppert)

Dokumentation der Wanddekoration

Das SfM-Verfahren wurde vor Ort bereits für Flächenplana und Ansichten von Profilen oder Architekturelementen wie Mauern und Grabfassaden erfolgreich eingesetzt (Abb. 2). Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ergibt sich auf dem Gebiet der Dokumentation von Wandmalereien und -reliefs.

Zur Veranschaulichung soll die Dekoration des Grabes K01.5 dienen. Dabei handelt es sich um eine der kleineren, T-förmigen Felsgrabanlagen aus der 18. Dynastie mit einer aufwendig verputzten und in Teilen polychrom bemalten ersten Kammer. Dort sind nicht nur mehrere Nutzungsphasen des Grabes anhand der Dekoration, sondern auch die Arbeitsschritte der



5 Kamera und Tablet beim Einsatz an der Oberfläche des Areals H.
(Foto: S. Michels)



6 Kamera, LED-Strahler und Tablet im Einsatz an der Dekoration der Querhalle des Grabes K01.5. (Foto: S. Michels)

pharaonischen Handwerker bei der Anbringung der Malerei erkennbar (Abb. 3): In der Kammer findet sich zum einen die Malerei des ursprünglichen Besitzers, eines Domänenverwalters der Gottesgemahlin des Amun namens Amenhotep, und zum anderen eine darüber liegende Putz- und Malschicht aus einer später geplanten, zweiten Nutzungsphase. Darüber wiederum befinden sich Spuren natürlicher Zerstörungen, wie etwa die diagonal verlaufenden, dunklen Streifen, die durch in das Grab einfließendes Regenwasser verursacht wurden. Diese Phasen müssen ausführlich und detailgenau dokumentiert werden, um die Geschichte des Grabs möglichst präzise darstellen zu können.

Der zugängliche Teil des Grabs ist zum großen Teil digital fotografiert worden. Diese Bereiche liegen darüber hinaus bereits als sog. *dense point cloud* und z. T. als *mesh* vor, Vorstufen zum gerenderten 3D-Modell. Die oftmals Hunderte bzw. Tausende von Fotos zur Erstellung der 3D-Modelle ermöglichen eine sehr genaue digitale Reproduktion der aufgenommenen Räumlichkeiten inklusive etwaiger farbiger oder reliefierter Dekoration an Wänden und Decken. Je nach Detailgrad der aufgenommenen Fotos können im Modell einzelne Meißelspuren oder sogar Pinselstriche erkannt und einer zweidimensionalen Zeichnung nach Bedarf hinzugefügt werden. Das fertige 3D-Modell dient danach als Basis für die Erstellung von Orthofotos – also von verzerrungsfreien, maßstabsgetreuen Aufnahmen einer Wand oder Decke. Diese bilden die Grundlage für eine erste, digitale Zeichnung der aufgebrachten Dekoration mit einem der einschlägigen Vektorprogramme. Bis-her wurden derartige Zeichnungen als Faksimiles von Hand angefertigt, indem eine durchsichtige oder halbdurchsichtige Folie an der Wand aufgehängt und die Dekoration im Maßstab 1:1 durchgepaust wurde. Die nunmehr digitale Anfertigung dieser ersten Zeichnung muss nicht mehr vor Ort erfolgen, sondern kann am Computer erledigt werden, was eine Zeiterparnis im Feld und damit eine effizientere Arbeitsweise bedeutet. Die digitalen Zeichnungen können anschließend als maßstabsgetreue Ausdrucke vor Ort kollationiert, d. h. auf Fehler überprüft und gegebenenfalls verbessert werden. Zudem ergeben sich durch diese Dokumentationsmethode weitere Vorteile: Sie stellt eine nicht-intrusive Kopiermethode dar, die eine kontaktlose



7 Orthofoto der Decke der westlichen Kammer von Grab K03.2, welche als Grundlage für eine zeichnerische Darstellung genutzt werden. (Erstellung: Ch. Ruppert)

Aufnahme sowohl von Malerei und Relief als auch des gegenwärtigen Erhaltungszustandes der Wände und Decken erlaubt. Des Weiteren wird dadurch auch das Kopieren von Dekoration an Stellen ermöglicht, wo Platzmangel herrscht, oder wo aufgrund von Architekturelementen oder sonstigen Unwägbarkeiten der Oberfläche keine Folie angebracht werden kann, z. B. an Kammerdecken, Überhängen oder auf fragilen Putzschichten.

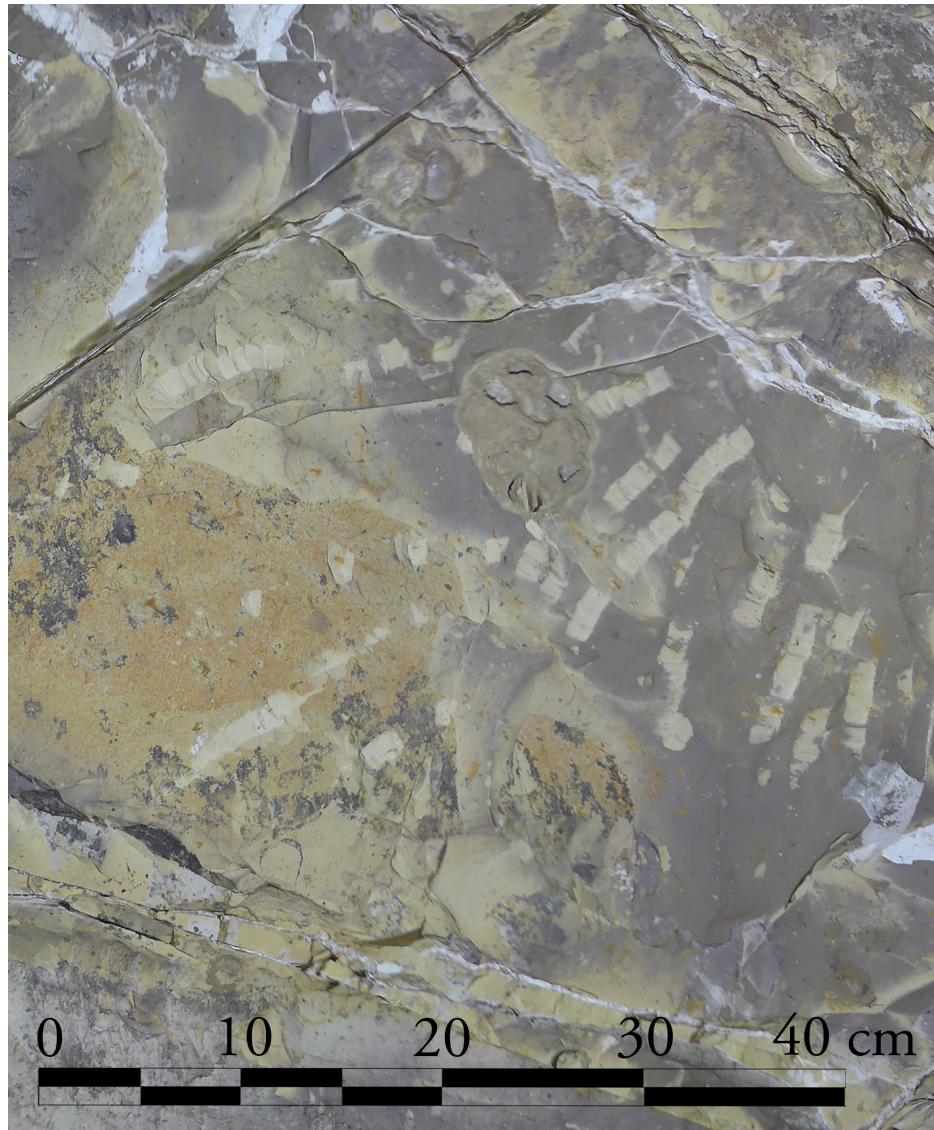
(Isa Böhme)

Visualisierung und virtuelle Rekonstruktion

Neben der projektinternen Nutzung zu Dokumentationszwecken dienen die 3D-Aufnahmen auch als Grundlage für Visualisierungen. In erster Linie hat sich der Übergang von 2D-Plänen zu einer dreidimensionalen Darstellung wegen der komplexen Struktur des Areals als notwendig erwiesen. Zahlreiche Schächte und andere unterirdische Anlagen überlagern und überschneiden sich auf engstem Raum, sodass die Anlagen in Grundrissplänen kaum noch zu überblicken sind. Ziel ist es also, ein 3D-Modell zu erstellen, das die Struktur der einzelnen Gräber und die räumlichen Zusammenhänge der Gräber und der ober- und unterirdischen Anlagen übersichtlich darstellt (Abb. 4). Vorteilhaft ist hierbei, dass man die Strukturen in ihrem reellen Umfeld sieht, das heißt innerhalb einer bestimmten Landschaft und in direkter Nachbarschaft zu anderen Gräbern – beides Aspekte, die bei der Ortswahl und der Ausrichtung der Gräber eine Rolle gespielt haben müssen.

Abgesehen von der Visualisierung des Bestandes kann das Modell als Grundlage für die virtuelle Rekonstruktion einzelner Gräber genutzt werden. Aufbauend auf dem Bestand werden die nicht erhaltenen Bereiche ergänzt, um Rekonstruktionsvorschläge einzelner Gräber im Originalkontext zu erstellen. Im Sinne der Projektziele soll dann eine animierte Visualisierung entstehen, die die Genese dieses hochkomplexen, über Jahrhunderte genutzten Areals veranschaulicht. Diese soll zeigen, wie die Nekropole entstanden ist, wie sich nach und nach wichtige Bezugspunkte herausgebildet haben und wie sich die Nekropole im Lauf der Zeit verändert hat.

Die Wahl ist auch hier auf das SfM-Verfahren gefallen, da es gegenüber anderen 3D-Aufnahmeverfahren wie Laserscans den Vorteil bietet, dass im



8 Orthofoto, Detail von Abb. 7. In der Vergrößerung deutlich erkennbar sind ein Wespennest (Bildmitte) und Meißelspuren. (Erstellung: Ch. Ruppert)

Feld keine teuren und hochsensiblen Geräte genutzt werden müssen, sondern lediglich Kameras, die zur Grundausstattung jeder Grabung gehören. Außerdem ist die Fotografie besser geeignet für die Aufnahme verwinkelten unterirdischen Strukturen mit teils sehr kleinen Kammern, in der die Aufstellung mit Stativ und Laserscanner nur schwer möglich wäre, zumindest aber ein sehr häufiges Umstellen der Geräte und somit einen großen Zeitaufwand erfordern würde.

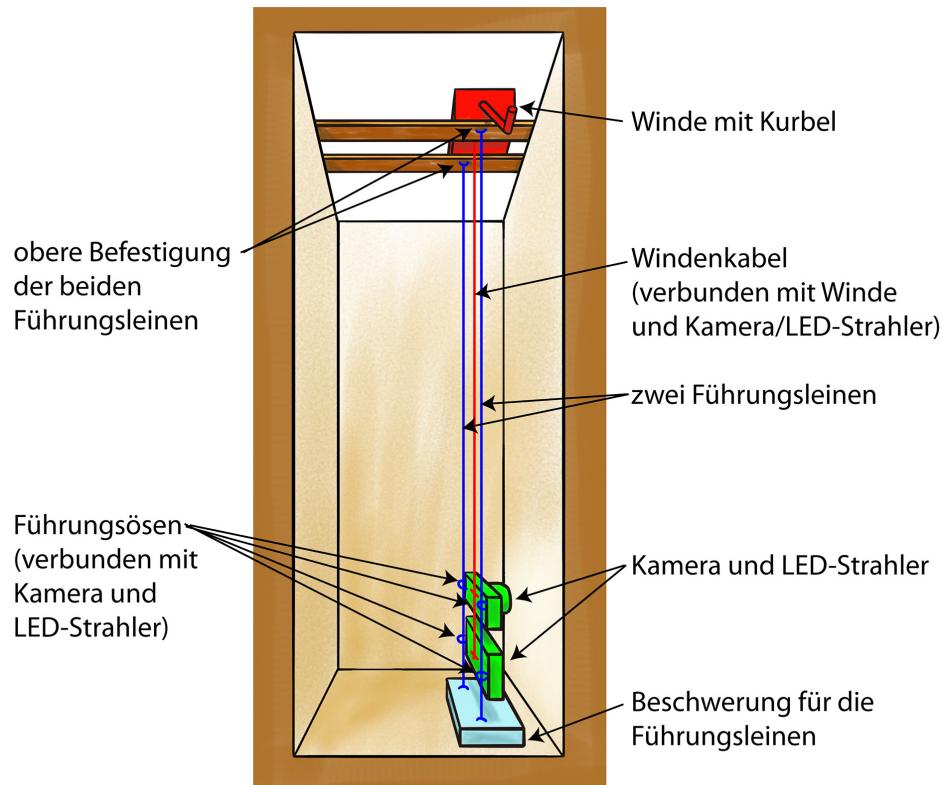
Um die einzelnen Aufnahmen im Gelände zu verorten und korrekt auszurichten, wurden Messmarken ausgelegt und tachymetrisch eingemessen, sodass das 3D-Modell skaliert und genordet ist. Die Aufnahme der oberirdischen Strukturen ist mit Hilfe einer Fotostange relativ einfach und schnell zu bewerkstelligen (Abb. 5). Für die Aufnahme der unterirdischen Anlagen mussten hingegen erst geeignete Techniken entwickelt werden, da eine regelmäßige Beleuchtung während der Aufnahme gewährleistet sein muss und die bis zu 12 m tiefen, engen Schächte nur schwer mit der Kamera zu erreichen sind. Die hierfür entwickelten Strategien sollen in der Folge kurz beschrieben werden.

(Christine Ruppert)

Aufnahme von Grabinnenräumen

Um Grabinnenräume für SfM aufzunehmen, werden zunächst alle aufzunehmenden Flächen (Wände und Böden) von Staub befreit. Dieser Vorgang ist zeitaufwendig, aber es ist zu bedenken, dass Staubablagerungen Felskanten und eventuelle Bearbeitungsspuren verunklären und später im Modell auch deutlich zu sehen sind. Auf den gereinigten Flächen werden die Messnummern angebracht. Da diese voraussichtlich über mehrere Tage im Grab verbleiben, muss eine geeignete Anbringungsmethode bedacht werden, die sich nach den Aufnahmen wieder rückstandsfrei entfernen lässt. Beigefarbenes Malerkrepp hat sich für handgeschriebene Messnummern bewährt, bei ausgedruckten Messmarken ist ein zweiseitiges Klebeband denkbar.

Nach dem Einmessen der Messnummern wird zuerst der Boden der Grabanlage aufgenommen, da beim Anfertigen der Aufnahmen die Oberfläche des Bodens unweigerlich durch die Bearbeiter verändert wird. Lockere



9 Schematische Skizze der für die SfM-Aufnahme in Grabschächten eingesetzten Apparatur.
(Konstruktion und Zeichnung: S. Michels)

Felsfragmente, die bei den Aufnahmen ihre Position verändern, führen zu Komplikationen bei der Zusammenführung der Aufnahmen in Photoscan. Zur Beleuchtung der Aufnahmen im Grabinneren haben sich Akku-betriebene LED-Strahler mit warmweißem Licht und einer Lumenzahl von mindestens 600 lm bewährt. Die Position des Strahlers wird bei der Aufnahme individuell verändert, sodass eine optimale Ausleuchtung des aufzunehmenden Bereiches erreicht wird (Abb. 6). Die dadurch bedingte Änderung des Schattenwurfs pro Aufnahme wirkt sich bei der Zusammenführung in Photoscan nicht negativ aus. Als optimal hat sich eine Überlappung des Bildausschnitts von 80 % zum vorherigen herausgestellt. Besonders zu beachten sind Unterschneidungen von z. B. Felsvorsprüngen, die jeweils von allen Seiten aufgenommen werden müssen. Die Qualität einer handlichen Kompaktkamera reicht für die Aufnahmen undekorierter Grabwände, Böden und Decken (Abb. 7, 8) vollkommen aus. Statt zeitaufwendig ein Stativ für die Aufnahmen zu benutzen, kann die Kamera an einer kurzen Stange in der Hand gehalten und via WLAN und unter Einsatz eines einfachen Tabletcomputers fernbedient werden. Bis zu einer Höhe von etwa 6 m können Kamera und LED-Strahler auch an einer ausziehbaren Aluminiumstange befestigt werden, um hohe Wände und Decken zu fotografieren. In größeren Höhen muss allerdings nach anderen Aufnahmemöglichkeiten gesucht werden, da die Bewegung der ausgezogenen Stange dann nur noch schwer zu kontrollieren ist und die Kamera, besonders in engen räumlichen Verhältnissen, droht, gegen Wände zu stoßen und beschädigt zu werden. Für Schächte bis zu einer Tiefe von 12 m hat sich eine Vorrichtung von zwei straff gespannten Führungsschläuchen bewährt, entlang derer die Kamera und der LED-Strahler mit Hilfe einer Kurbel im Schacht herabgelassen werden (Abb. 9). Der Schacht muss für die Aufnahmen mit schwarzem Stoff o. ä. abgedeckt werden, damit konstante (Kunst-)Lichtverhältnisse gewährleistet sind.

(Susanne Michels)