

Steig nicht so hoch hinaus! Dronengestützte Prospektion der Stadtwüstung Blankenrode

Kreis Paderborn, Regierungsbezirk Detmold

Joris Coolen,
Matthias Kucera,
Volkmar Schmidt

Das Einsatzpotenzial unbemannter Luftfahrzeuge (Unmanned Aerial Vehicles, UAV) oder Drohnen in der Archäologie geht längst über herkömmliche Foto- und Filmaufnahmen hinaus. Dank immer kompakterer Sensoren bei gleichzeitig größerer Akkuleistung und Tragkraft können Drohnen mit verschiedenen Messgeräten ausgestattet werden. Sie bieten vielfältige Möglichkeiten für die archäologische Prospektion, wie dronengestützte LiDAR- und Magnetikmessungen im Bereich der Stadtwüstung Blankenrode zeigen (Abb. 1).

Burg und Stadt Blankenrode in Lichtenau wurden vermutlich um die Mitte des 13. Jahrhunderts gegründet und bereits etwa 150 Jahre später (nach der mutmaßlichen Zerstörung durch Graf Heinrich VI. von Waldeck zwischen 1389 und 1395) aufgelassen. Heute befindet sich die Wüstung zur Gänze im Wald. Eindrucksvolle Reste bilden die nahezu vollständig erhaltene, etwa 1,4 km lange Wall- und Grabenanlage der Stadtbefestigung sowie der meterhohe, von einem tiefen Graben umgebene Burghügel (Abb. 2). Die 11ha große Fläche innerhalb der Stadtbefestigung wird in der Mitte durch einen künstlichen Graben geteilt, der auf beiden Seiten von einem Wall begleitet wird und im Norden und Süden an natürliche Gräben anschließt. Funktion und Hintergrund dieser bemerkenswerten Trennung sind bislang nicht eindeutig geklärt. Archäologische Untersuchungen der Stadtwüstung fanden in beschränktem Umfang zwischen 1959 und 1977 statt, dennoch ist über die Organisation, Bebauungsstruktur und Entwicklung der Stadt und Burg bislang wenig bekannt.

Airborne Laserscanning (ALS) oder LiDAR (auch Lidar, Akronym von Light (Imaging) Detection And Ranging) ist eine relativ junge Methode, die aus der Archäologie inzwischen nicht mehr wegzudenken ist. Vor allem für die Prospektion von Waldgebieten hat sie sich als echter Gamechanger erwiesen, da LiDAR auch bei dichter oder hoher Vegetation eine hochauflösende Vermessung der Erdoberfläche erlaubt. Außerdem werden durch entspre-

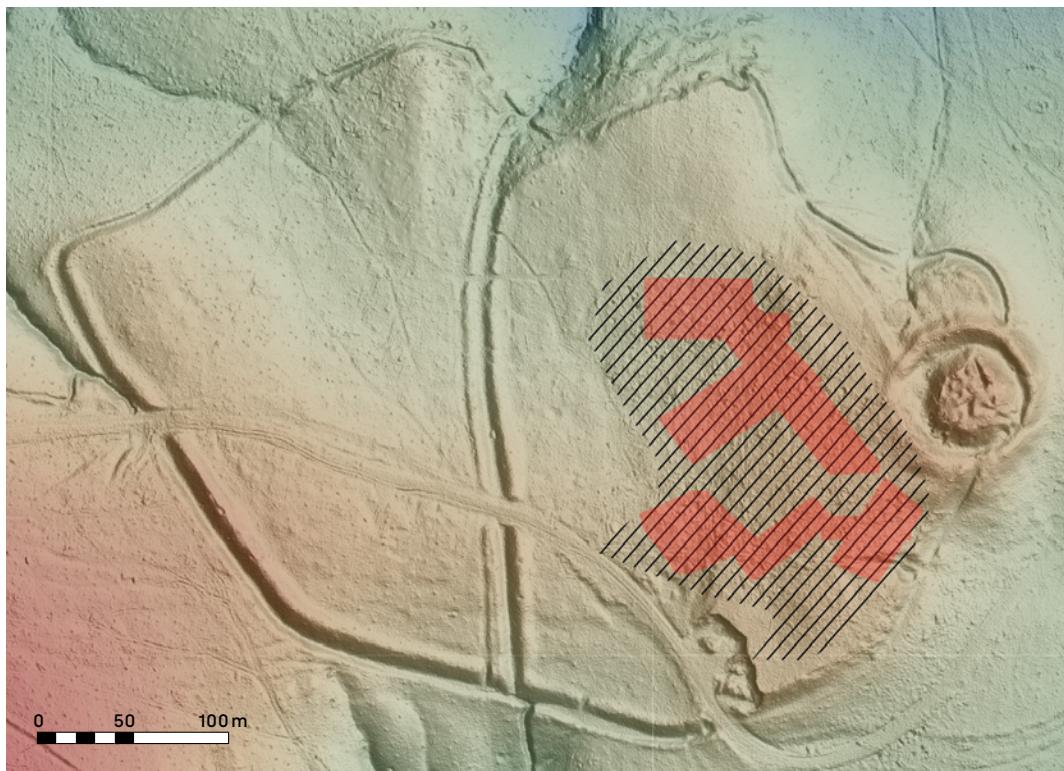
chende Visualisierungen des digitalen Geländemodells subtile Höhenunterschiede fassbar, die im Gelände kaum ins Auge fallen. Die weite Verbreitung von LiDAR in der Archäologie ist nicht zuletzt der zunehmenden Verfügbarkeit von LiDAR-Daten zu verdanken. Im Sinne der europäischen Inspire-Richtlinie stellen viele Länder – so auch Nordrhein-Westfalen – diese flächendeckend und kostenlos zur Verfügung.

Die aktuellen 3-D-Messdaten des Landes NRW haben eine durchschnittliche Punkt-dichte von vier bis zehn Punkten pro Quadratmeter; die horizontale Auflösung der

Abb. 1 Die bei den Messungen in Blankenrode benutzten Drohensysteme für LiDAR- (a) und Magnetikmessungen (b) (Foto: LWL-Archäologie für Westfalen/T. Pogarell [1A], J. Coolen [1B]).



Abb. 2 Digitales Geländemodell der Stadtwüstung Blankenrode mit der Ausdehnung der rezenten Rodungsfläche (schwarz schraffiert) und der Flächen, über denen Magnetikmessungen durchgeführt wurden (rot) (Kartengrundlage: Land NRW [2023] – Lizenz: dl-zero-de/2.0; Grafik: LWL-Archäologie für Westfalen/J. Coolen).



bereitgestellten Schummerungsmodelle beträgt 0,25 m. Durch geringe Flughöhe kann bei druhnengestützten LiDAR-Messungen eine sehr viel höhere Punktdichte erzielt werden. In Blankenrode sollte zum einen exemplarisch erkundet werden, welchen Mehrwert eine solche Steigerung der Punktdichte für die Abgrenzung und Identifizierung archäologischer Geländestrukturen unter Wald bietet. Zum anderen diente der hochauflösende und aktuelle 3-D-Scan des Geländes (einschließlich der Vegetation) der Planung einer weiteren Befliegung mit einem Magnetometer. Letztere konzentrierte sich auf eine etwa 2,5 ha große Lichtung im Osten der Stadtwüstung, die 2018 durch Sturmschäden und anschließende Rodungsarbeiten entstanden war. Die Vegetation im Bereich der Rodungsfläche macht geophysikalische Prospektion am Boden praktisch unmöglich. Druhnenmagnetik bietet in diesem Fall eine wertvolle Alternative, wenngleich die von archäologischen Strukturen hervorgerufenen magnetischen Anomalien mit zunehmender Entfernung vom Boden rasch an Stärke abnehmen und somit schlechter detektierbar sind. Für die archäologische Prospektion muss die Drohne bzw. das Magnetometer daher so tief wie möglich fliegen und gleichzeitig das Kollisionsrisiko durch eine entsprechende Flugplanung oder genaue Höhenkontrolle minimiert werden.

Die LiDAR-Befliegung erfolgte im März 2023 durch das Ludwig Boltzmann Institut für archäologische Prospektion und virtuelle Archäologie (LBI ArchPro) mit Hauptsitz in Österreich. Zum Einsatz kam ein bereits bei zahlreichen archäologischen Projekten bewährtes System der Firma Riegl LMS, bestehend aus einem hochpräzisen Laserscanner (VUX-1UAV) gekoppelt an eine Drohne (RICOPTER). Die aus mehreren Flügen zusammengefügte Punktwolke umfasst mehr als 500 Millionen gemessenen Punkte. Einen Großteil der Punkte bilden Reflexionen von Bäumen und niedriger Vegetation (Abb. 3). Knapp ein Drittel der Punkte wurde als Bodenpunkte klassifiziert. Somit weist die gefilterte Punktwolke im Durchschnitt 550 Bodenpunkte pro Quadratmeter und einen Punktabstand von etwa 4 cm auf.

Praktische Einschränkungen des Druhneneneinsatzes in bzw. über Waldgebieten ergeben sich aus der vorgeschriebenen Sichtverbindung des Piloten zur Drohne sowie gegebenenfalls aus Naturschutzbestimmungen. Erstere führte dazu, dass die Abdeckung der LiDAR-Scans zum westlichen Rand der Stadtwüstung hin deutlich nachlässt und die LiDAR-Daten hier eine geringere Punktdichte und einige Artefakte aufweisen. Dennoch deckt der bereinigte Datensatz die gesamte befestigte Fläche der Stadtwüstung ab. Wäh-

rend in Blankenrode – das in einem EU-Vogelschutzgebiet liegt – in Absprache mit den Naturschutzbehörden und dem Revierförster Drohnenflüge außerhalb der Brutsaison möglich waren, musste auf die geplante LiDAR-Befliegung der Stadtwüstung am Stoppeberg bei Steinheim aufgrund mehrerer kreisender Greifvögel verzichtet werden.

Erwartungsgemäß zeichnen sich die Geländestrukturen durch die größere Punkt-dichte der drohnenbasierten Daten wesentlich schärfer ab (**Abb. 4**). Dadurch lassen sich nicht nur archäologische Strukturen, sondern auch jüngere Störungen wie Fahrspuren, Baumwürfe, Schürfungen und Altgräben besser erfassen. Dronengestütztes LiDAR hat somit einen eindeutigen Mehrwert für das Monitoring von Bodendenkmälern unter Wald. Auch lassen sich (über die massiven und bereits im frei verfügbaren Geländemodell sehr gut erkennbaren Relikte der

Burg und Stadtbefestigung hinaus) an einigen Stellen bislang unbekannte, kleinteilige Strukturen erkennen. Diese bedürfen noch einer Überprüfung im Gelände.

Die Befliegung mit Drohnenmagnetik wurde von Volkmar Schmidt und Stefan Klingen vom Institut für Geophysik der Universität Münster durchgeführt; die Aufbereitung der Daten ist Gegenstand der Masterarbeit von Christina Paul. Zum Einsatz kam hier ein MagArrow Cäsium-Totalfeld-Magnetometer, das mit 3 m langen Schnüren unter der Drohne befestigt war.

Anhand des digitalen Oberflächenmodells konnte die Vegetationshöhe im Vorfeld genau ermittelt werden, was die Planung der Flugstrecke und -höhe wesentlich erleichterte. Ein großer Teil der Rodungsfläche wird zwar von niedrigen Sträuchern und Stauden unter 1 m Höhe eingenommen. Dennoch verhinderten höhere Sträucher und junge Bäume einen all-

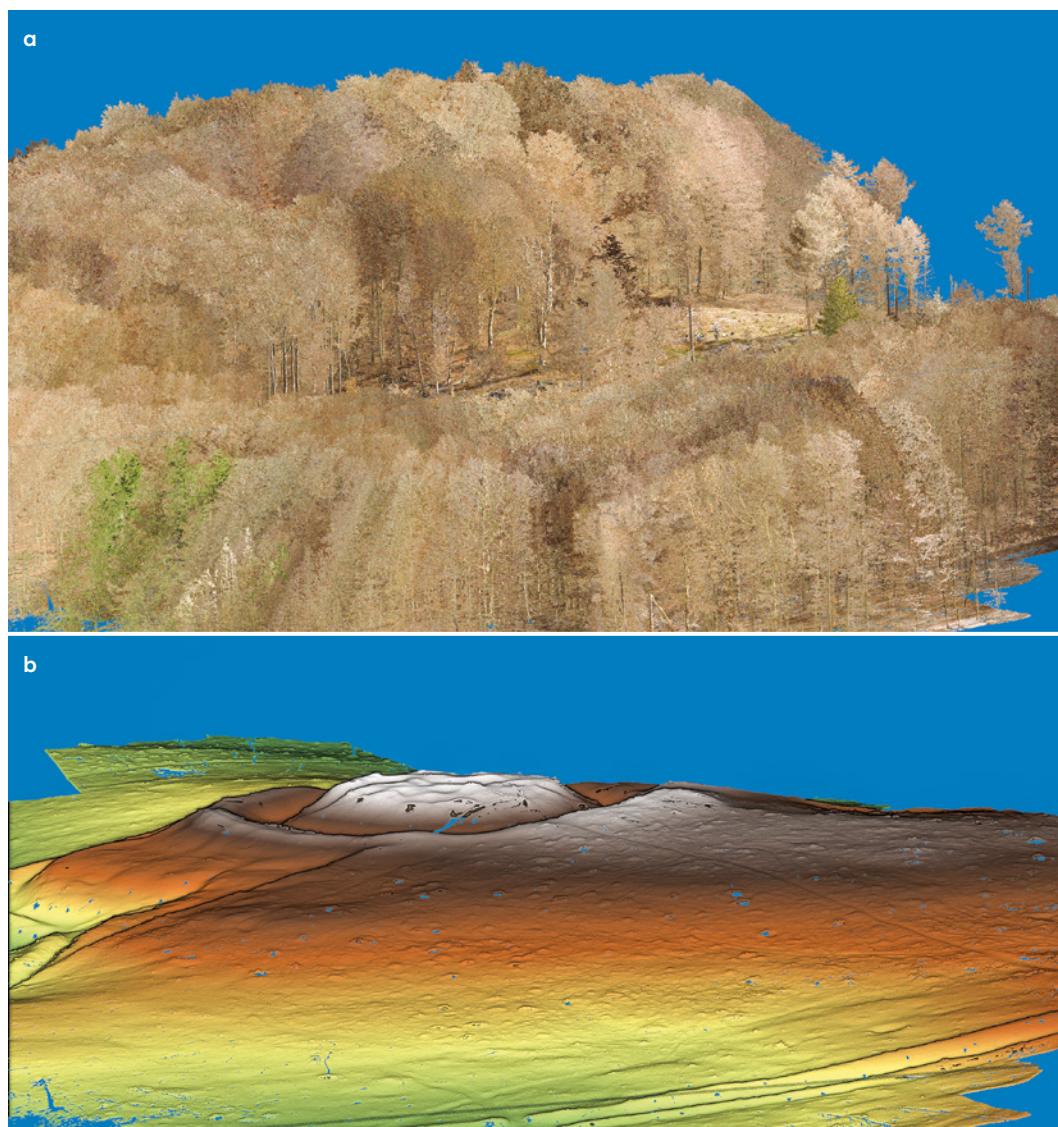


Abb. 3 Ausschnitt der LiDAR-Punktwolke mit (a) und ohne (b) Vegetation. Blick vom Mittelgraben (im Vordergrund) zur Burg im Osten der Stadtwüstung (Daten: LBI ArchPro; Grafik: LWL-Archäologie für Westfalen/J. Coolen).

Abb. 4 Durch die höhere Auflösung zeichnen sich sowohl archäologische Strukturen als auch moderne Störungen wie Baumwürfe in größerem Detail ab. Ausschnitt der östlichen Stadtbefestigung und Burg, oben (a) das Schummerungsmodell von Geobasis NRW, unten (b) das gleichermaßen visualisierte Geländemodell auf Grundlage der Drohnenmessungen (Kartengrundlage: Land NRW [2023] – Lizenz: dl-zero-de/2.0 (a) und LBI ArchPro (b); Grafik: LWL-Archäologie für Westfalen/J. Coolen).

zu tiefen Flug, sodass die Messungen in einer Sondenhöhe von 2,5 m bis 4,5 m über dem Boden erfolgten. Vor diesem Hintergrund erschien ein Abstand von 1 m zwischen den einzelnen Flugbahnen adäquat. Folglich ist die Auflösung der Messungen sowohl räumlich als auch hinsichtlich der detektierbaren Anomalien deutlich geringer als bei der magnetischen Prospektion vom Boden aus. Dennoch zeigen sich Anomalien unterschiedlicher Größe und Stärke in allen Messflächen (Abb. 5). Über deren Ursprung lässt sich vorerst nur spekulieren. Dennoch ist nicht ausgeschlossen, dass zumindest einige Anomalien durch archäologische Strukturen verursacht werden. Das Geländemodell liefert in diesem Fall keine näheren Hinweise zur Interpretation. Ein geologischer Ursprung liegt jedenfalls nicht auf der Hand, weist doch der örtlich anstehende Buntsandstein eine sehr geringe magnetische Suszeptibilität auf.

Im Rahmen einer Kooperationsvereinbarung, die 2023 zwischen dem Fachreferat für Mittelalter- und Neuzeitarchäologie der LWL-Archäologie für Westfalen und der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel geschlossen wurde, sollen in den nächsten Jahren unter anderem die westfälischen Stadtwüstungen verstärkt erforscht werden. Dabei soll auch den oben erwähnten Geländestrukturen und Anomalien nachgegangen werden. Letztendlich zeigen die Ergebnisse der dronengestützten LiDAR- und Magnetikmessungen vor allem eins, nämlich, dass in unserer Kenntnis der Stadtwüstung Blankenrode noch viel Luft nach oben ist!

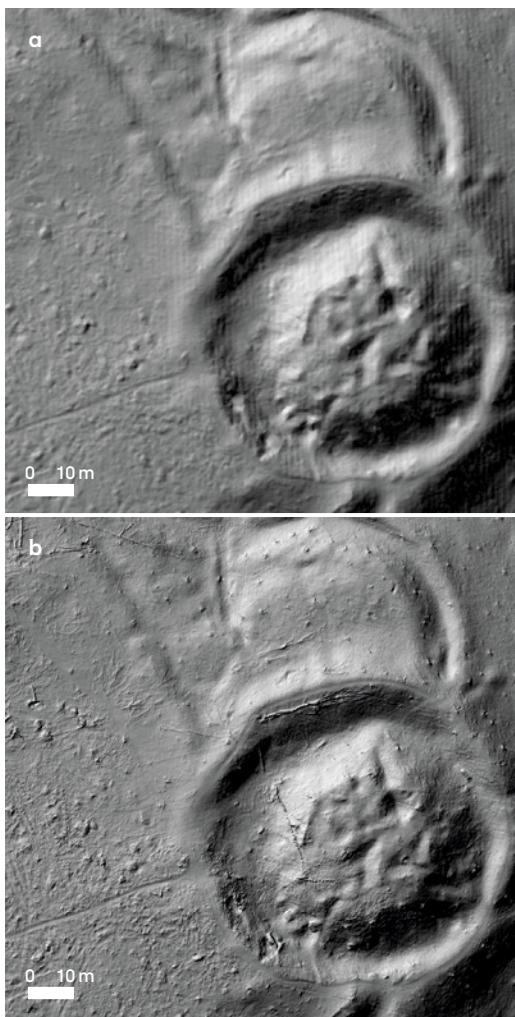
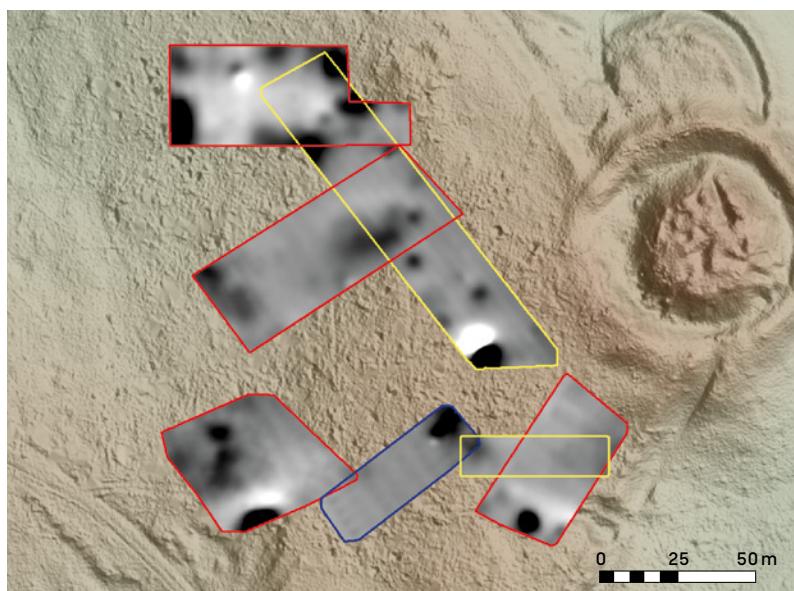


Abb. 5 Im Magnetogramm zeigen sich unterschiedlich große und starke Anomalien. Dargestellter Wertebereich -4 nT (weiß) bis 4 nT (schwarz). Sensorhöhe 2,5 m (blau umrandet); 3,5 m (gelb umrandet); 4,5 m (rot umrandet) (Daten: Universität Münster, Institut für Geophysik/ C. Paul und LBI ArchPro; Grafik: Archäologie für Westfalen/J. Coolen).



Summary

The use of drones offers new and versatile possibilities for archaeological prospection, as shown by LiDAR and magnetic surveys carried out in the deserted medieval town of Blankenrode. The high-resolution LiDAR scan revealed recent disturbances and other local differences in elevation in great detail. Further investigations are planned to examine whether the magnetic anomalies and identified structures are related to remains of the medieval town.

Samenvatting

De inzet van drones biedt nieuwe en veelzijdige mogelijkheden voor de archeologische prospectie, zoals LiDAR scans en magnetische metingen met drones in de verdwenen middeleeuwse stad Blankenrode laten zien. Door de hoge resolutie van de LiDAR scan worden recente verstoringen en andere lokale hoogteverschillen beter zichtbaar. Verder onderzoek moet uitwijzen of de vastgestelde structuren en magnetische anomalieën verband houden met resten van de middeleeuwse stad.

Literatur

Rudolf Bergmann, Die Stadtwüstung Blankenrode am Südrand der Paderborner Hochfläche. Archäologie in Westfalen-Lippe 2010, 2011, 160–164 <<https://doi.org/10.11588/aiw.2011.0.26644>>. – **Joris Coolen/Volkmar Schmidt**, Von abgefahren zu abgehoben – Geomagnetik am »Römerlager« Kneblinghausen. Archäologie in Westfalen-Lippe 2020, 2021, 255–258 <<https://doi.org/10.11588/aiw.2021.91427>>. – **Ole Risbøl/Lars Gustavsen**, LiDAR from Drones Employed for Mapping Archaeology – Potential, Benefits and Chal-

lenges. Archaeological Prospection 25/4, 2018, 329–338 <<https://doi.org/10.1002/arp.1712>>. – **Volkmar Schmidt u. a.**, Towards Drone-based Magnetometer Measurements for Archaeological Prospection in Challenging Terrain. Drone Systems and Applications, 29. Mai 2024 <<https://doi.org/10.1139/dsa-2023-0128>>. – **Andreas Steile u.a.**, Drone-based Magnetometer Prospection for Archaeology. Journal of Archaeological Science 158, 2023, 105818 <<https://doi.org/10.1016/j.jas.2023.105818>>.

Dokumentieren in der Finsternis – montanarchäologische Grabungstechnik in Südwestfalen

Verschiedene Kreise, Regierungsbezirk Arnsberg

Fabian Geldsetzer,
Lutz Cramer

In den letzten Jahren wurde die Außenstelle Olpe vermehrt mit untertägigen Strukturen aus der Zeit des Zweiten Weltkrieges konfrontiert, die es archäologisch zu erfassen galt. Die Anlässe hierfür sind vielfältig. Häufig sollen die Anlagen aufgrund der Verkehrssicherungspflicht oder des Umweltschutzes dauerhaft verschlossen werden. In selteneren Fällen sind Bauvorhaben der Grund für den Einsatz unter Tage. Gerade im Innenstadtbereich werden mittlerweile, dem Mangel an Baugrund geschuldet, Flächen entwickelt, deren Belastung durch Bunker, Deckungsgräben usw. früher eine Bebauung zu kostspielig machte. Diese Maßnahmen führten zusammen mit den montanarchäologischen Projekten der Außenstelle zur Entwicklung eines Workflows bezüglich der Dokumentation unter Tage. Dank dieses Erfahrungsschatzes konnten 2023 mehrere, teilweise sehr große und komplex aufgebaute Untertageverlagerungen (UV) erstmals umfänglich dokumentiert werden.

Im Vorfeld der Dokumentation muss eine Prospektion des zu untersuchenden Objektes erfolgen. Es werden obertägige Anomalien aufgesucht, die im Zusammenhang mit der untertägigen Anlage stehen können, wie Feldbefestigungen oder Flakstellungen. Dadurch wird ein erster Eindruck vom Objekt gewonnen. Aber auch nach möglichen Zugängen (Mundlöcher) wird Ausschau gehalten. Danach wird eine erste Befahrung unter



Tage vorgenommen. Bei der untertägigen Prospektion werden erste Erkenntnisse über den Anlagenaufbau gewonnen und eine Strategie für die anschließende Dokumentation entworfen (Abb. 1). Da oft für die Einsätze ein eng begrenzter zeitlicher Rahmen vorgegeben ist, muss die Dokumentation möglichst schnell erfolgen. Außerdem werden Sicherheitsaspekte geprüft: Gibt es Bereiche, die einsturzgefährdet sind? Welche Strecken sind die kürzesten bis zum Ausgang? Wird besonderes Equipment z. B. für ein sicheres Abseilen benötigt?

Bei den im Jahr 2023 dokumentierten UVs bewährte sich eine Aufteilung der Fachkräfte in die Teams Beschreibung, Fotografie, Vermessung und 3-D-Laserscan. Das jeweils be-

Abb. 1 Bei der untertägigen Prospektion werden die Strukturen zunächst ohne viel Equipment erkundet. Wie hier in der Schwalbe 1 werden dabei u. a. Verbruchzonen hinsichtlich ihres Gefahrenpotenzials evaluiert (Foto: LWL-Archäologie für Westfalen/T. Poggen).