



<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

Roman Scholz – Knut Rassmann – Stanislav Terna
**Stolniceni, Petreni, Brînzeni, Republik Moldau. Luftbildaufnahmen mit Drohnen (UAV)
von kupferzeitlichen Siedlungen in Moldawien im Kontext magnetischer Prospektionen
und Ausgrabungen. Die Arbeiten der Jahre 2009 bis 2017**

aus / from

e-Forschungsberichte

Ausgabe / Issue **1 • 2018**

Seite / Page **76–83**

<https://publications.dainst.org/journals/efb/2116/6456> • urn:nbn:de:0048-journals.efb-2018-1-p76-83-v6456.6

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 2018-1 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/>



STOLNICENI, PETRENI, BRÎNZENI, REPUBLIC MOLDAU

Luftbildaufnahmen mit Drohnen (UAV) von
kupferzeitlichen Siedlungen in Moldawien
im Kontext magnetischer Prospektionen
und Ausgrabungen

Die Arbeiten der Jahre 2009 bis 2017

Römisch-Germanische Kommission des DAI

von Roman Scholz, Knut Rassmann und Stanislav Terna



e-FORSCHUNGSBERICHTE DES DAI 2018 · Faszikel 1

There are numerous Eneolithic settlements of the Cucuteni-Trypillia culture in North and Central Moldova. Its distribution ranges from the East of Romania via Moldova up to the Dnieper River. In Romania and Moldova settlements measure 10 to 30 ha, in Ukraine many are bigger than 100 ha. Indeed, these represent the largest settlements of Stone Age and Eneolithic Europe! During the 1970s and 1980s, Soviet Archaeologists started research on these by means of aerial photographs and magnetic prospections which has been continued by the Romano-Germanic Commission with their Moldovan and Ukrainian partners for a research project that started in 2009. Ahead of excavations, large-scale prospections have been conducted, first in Moldova and from 2011 onwards also in Ukraine. In 2017, the first aerial photographs of three of the most important sites in Moldova have been produced using drones. These pictures are being used foremost in order to create topographical maps and height models. Via the GIS based analysis of data it is possible to draw a more comprehensive picture of the phenomenon.

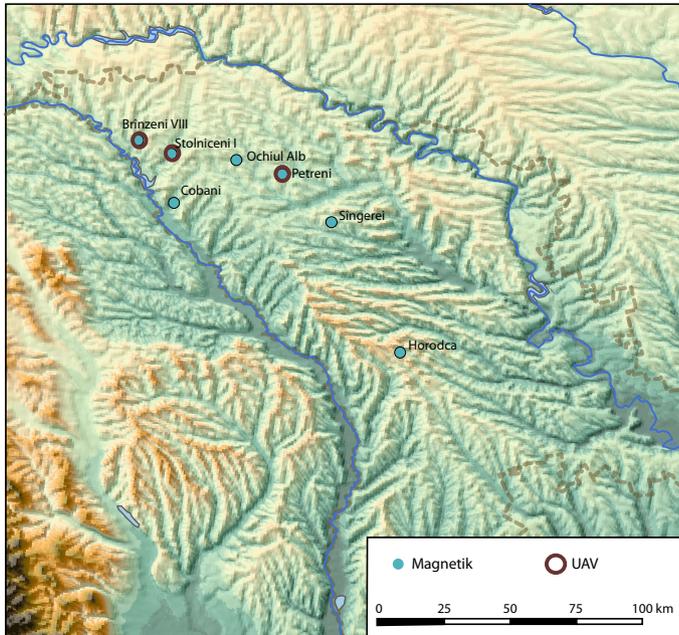
Kooperationspartner: Universität „High Anthropological School“ Chişineău, Nationalmuseum Chişineău, Christian-Albrechts-Universität Kiel.

Förderung: RGK, Deutsche Forschungsgemeinschaft.

Leitung des Projektes: K. Rassmann, St. Terna, J. Müller.

Team: K. Rassmann, R. Scholz, St. Terna.

- 1 Magnetische und Drohnen (UAV)-gestützte Prospektionen auf kupferzeitlichen Siedlungen in Moldawien durch die RGK (Grafik: K. Rassmann).



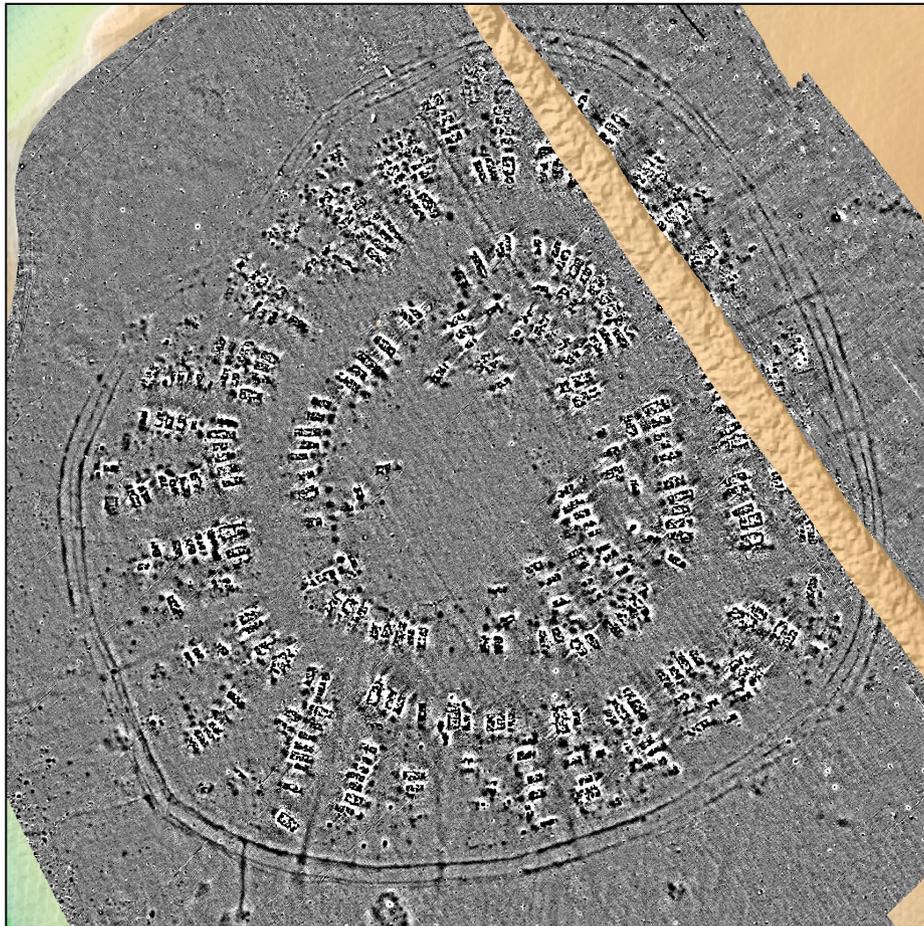
- 2 Einsatz der DJ Phantom 3 durch R. Scholz in Petreni (Foto: St. Terna).

Im Norden und mittleren Landesteil Moldawiens finden sich zahlreiche kupferzeitliche Siedlungen der Tripolje-Cucuteni-Kultur, deren Verbreitungsgebiet vom Osten Rumäniens, über Moldawien bis an den Dnepr in der Ukraine reicht. Die Größe der Siedlungen beträgt in Rumänien und Moldawien bis 10–30 ha, in der Ukraine sind zahlreiche größer als 100 ha. Es handelt sich damit um die größten Siedlungen der Stein- und Kupferzeit Europas! In den 1970er- und 80er-Jahren haben sowjetische Archäologen Luftbildaufnahmen und magnetische Prospektionen zu ihrer Erforschung eingesetzt. An diese Tradition knüpft das 2009 begonnene Untersuchungsprogramm der Römisch-Germanischen Kommission mit moldawischen und ukrainischen Partnern an. Im Vorfeld der Ausgrabungen erfolgten großflächige magnetische Prospektionen, die über Moldawien hinaus im Jahr 2011 auf Siedlungen in der Ukraine ausgedehnt wurden. Durch Drohnen konnten im Jahr 2017 die ersten Luftbildaufnahmen von drei der wichtigsten Fundplätze in Moldawien gewonnen werden. Die Luftbilder werden in erster Linie für die Erstellung von topographischen Karten und Höhenmodellen genutzt. Die vernetzte und GIS-gestützte Auswertung der Daten versetzt uns in die Lage, das Gesamtphänomen umfassend zu analysieren.

Forschungsgeschichte

Es waren zuallererst die Luftbilder, die dem Luftbildarchäologen K. V. Shyskin die Dimension der kupferzeitlichen Siedlungen erkennen ließen. Die Aufnahmen der Siedlung von Maidanetske mit ca. 300 ha oder Taliانki mit mehr als 400 ha bestachen durch ihre Größe, die Aufnahmen der mit ca. 30 ha kleineren Siedlungen in Moldawien wie Stolniceni oder Petreni durch ihren Detailreichtum mit zahlreichen Hinweisen auf Häuser, Wege, Gräben und Gruben.

Neben den luftbildarchäologischen Forschungen wurden durch V. Dudkin seit den 1970er-Jahren zahlreiche großflächige magnetische Prospektionen vorgenommen. Auf den Siedlungen Taliانki und Maydanetske in der Ukraine konnten durch die aktuellen Untersuchungen die Qualität der Arbeiten aus den 70er- und 80er-Jahren des 20. Jahrhunderts bestätigt werden. Das hohe Niveau siedlungsarchäologischer Forschungen spiegelt sich auch in den Ausgrabungen in Moldawien, insbesondere in jenen von V. I. Markevich, wider.



Durch ihn wurden zahlreiche Häuser der Tripolje-Kultur exzellent gegraben und dokumentiert. Die von ihm vorgenommenen Rekonstruktionen haben sich in der Folgezeit als richtig erwiesen. Dank der Forschungen rumänischer, moldawischer und ukrainischer Forscher verfügen wir heute über einen wertvollen Schatz archäologischer Daten und zahlreicher Funde in den Museen der drei Länder.

Aktuelle Forschungen

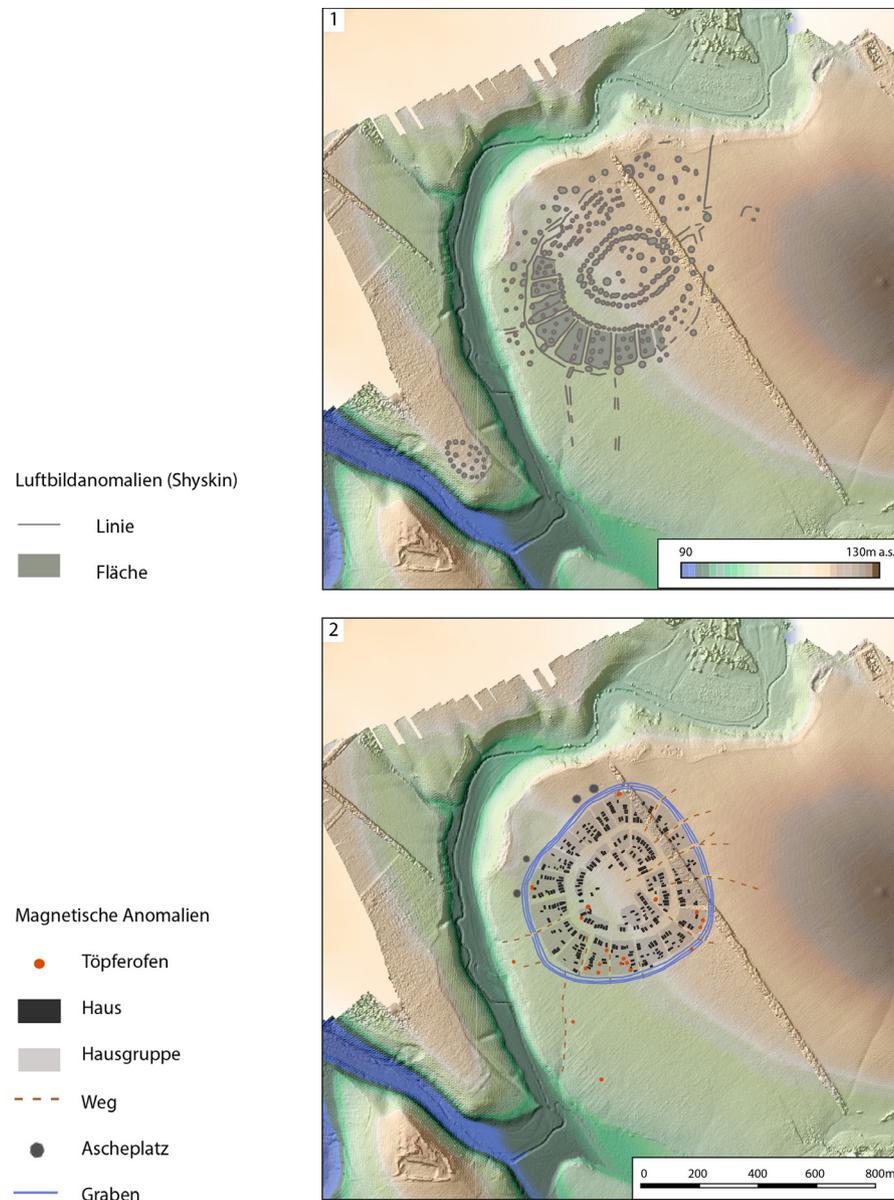
In den Jahren von 2009 bis 2017 wurden durch die Römisch-Germanische Kommission sieben Siedlungen in Moldawien magnetisch prospektiert (Abb. 1), am größten sind die von Petreni und Stolniceni mit 25 ha bzw. 30 ha.

Die magnetischen Prospektionen wurden vor allem mit einem fahrzeuggestützten 16-Sonden-Magnetometer der Firma SENSYS (MAGNETO®-MX ARCH) durchgeführt.

Durch die Kopplung der Messsysteme mit einem Differential-GPS werden alle Messwerte mit einer Lagegenauigkeit von ± 2 cm aufgezeichnet. Die Präzision der Sonden erlaubt es, die relevanten archäologischen Strukturen, wie verbrannte Häuser, Gräben, Gruben und Töpferöfen, nahezu lückenlos zu erfassen. Die hohe Lagegenauigkeit der Messungen ist für die Festlegung der Ausgrabungsareale sowie den Abgleich mit anderen Prospektionsdaten wie den Luftbildern notwendig.

Ausgehend von den Prospektionen begannen in Stolniceni 2015 die Ausgrabungen. Das Anliegen war nicht die Untersuchung großer geschlossener Grabungsflächen, sondern die gezielte Untersuchung der unterschiedlichen Strukturen wie Häuser, Keramikbrennöfen, Gruben, Gräben und Wege in möglichst kleinen Grabungsarealen.

In Petreni wurden zwischen 2011 und 2013, ausgehend von den magnetischen Prospektionen, zwei Häuser im Rahmen einer Kooperation zwischen der Eurasienabteilung und moldawischen Partnern untersucht (R. Uhl, [Petreni, Republik Moldau, eDAI-F 2014/2](#) [↗]).



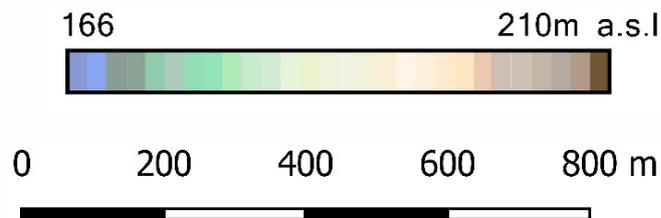
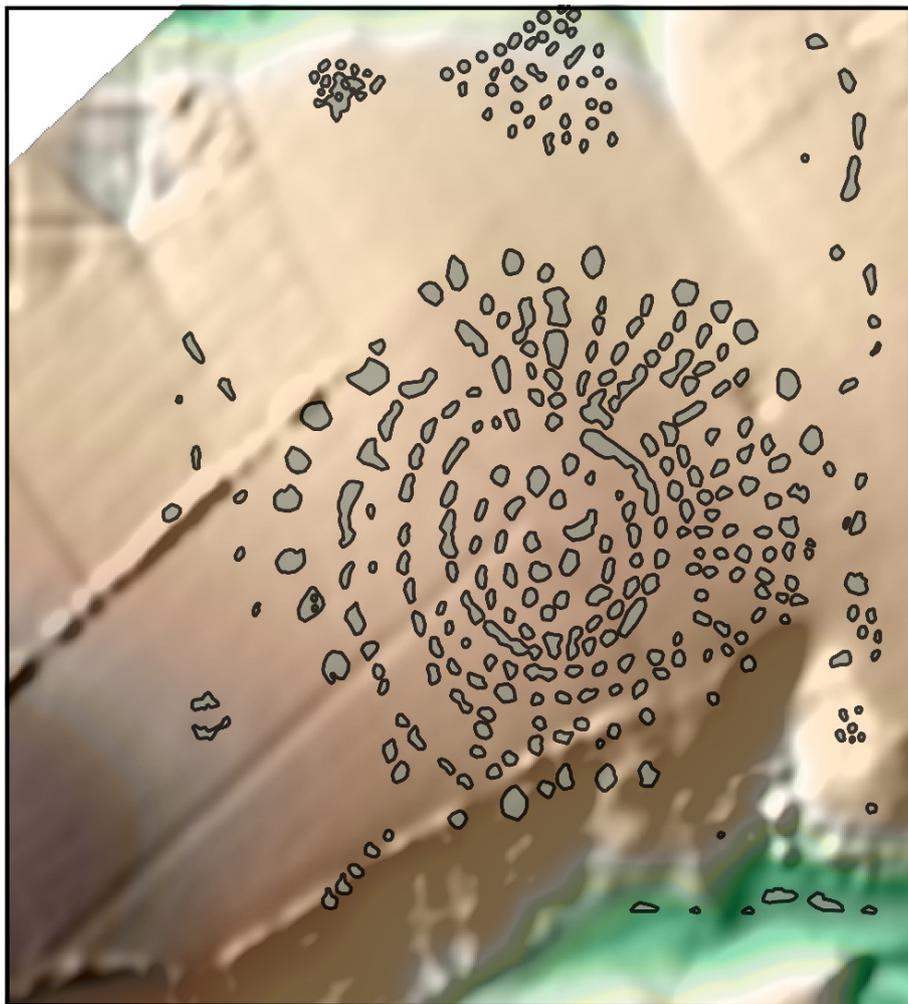
4 Stolniceni (District Edineț). Interpretation des Luftbildbefundes: 1 nach K. V. Shyskin. 2 Interpretation der Magnetik und des Luftbildes vom 3.8.2017 (Grundlage: digitales Geländemodell – Grafik: R. Scholz; K. Rassmann).

Drohnen (UAV – unmanned aerial vehicles)

Trotz der umfangreichen Daten aus Ausgrabungen und Prospektionen verfügte das Projekt über keine aktuellen Orthofotos und präzise topographische Daten und Geländemodelle. Auch die Luftbilder der 60er- und 70er-Jahre standen nur als Umzeichnungen zur Verfügung. Diese Lücken konnte R. Scholz 2017 durch Befliegungen der bekanntesten Siedlungen schließen. Eine zentrale Aufgabe war die Erzeugung von Geländemodellen, die sich aus den Luftbildfotos in Verbindung mit der Structure-from-Motion-Methode (SfM) berechnen lassen. Die Geländemodelle umfassen neben dem Fundplatz auch die umgebende Landschaft. Die Flächen betragen in Stolniceni 5 km², in Brînzești VIII und Petreni jeweils 2 km².

Eingesetzt wurde die DJI Phantom III. Die Drohne wird mit einem Tabletcomputer (nvidia Tablet shield) gesteuert. Damit lassen sich über die Live-Bild-Funktion die Kamerabilder vom Boden aus verfolgen, die Einstellungen für die Kamera und ihre Ausrichtung verändern und die Aufnahmen auslösen. Die Fotos werden zusätzlich durch den integrierten GPS-Empfänger der Drohne mit den Lagekoordinaten verknüpft.

Die Flughöhen für die Aufnahmen werden so gewählt, dass sie die rechtlichen Bestimmungen vor Ort erfüllen. Dies gilt ebenso für die Reichweite des Fluggerätes zum Piloten. Grundsätzlich wird die Drohne nur in Sichtweite des Piloten navigiert und in diesem Fall bis maximal 100 m Höhe genutzt. Die vorgelegten Aufnahmen der Fundplätze setzen sich aus 600 bis 2800 Einzelbildern zusammen. Die Auflösung der Fotos beträgt 12 Mio. Pixel. Die Aufnahmen überlappen sich im Bereich von 40–50 %. Mit der Software Agisoft PhotoScan werden die Bilder zusammengefügt und aus den unterschiedlichen Aufnahmepositionen der Kamera, basierend auf 3D-Algorithmen ein Orthofoto und ein Geländemodell prozessiert. Nach unseren Erfahrungen beträgt die Lagegenauigkeit des erzeugten Gesamtbildes ± 2 m. Durch eine nachträgliche Korrektur anhand von im Gelände ausgelegten Referenzpunkten ist die Lagegenauigkeit auf ± 20 cm zu steigern.



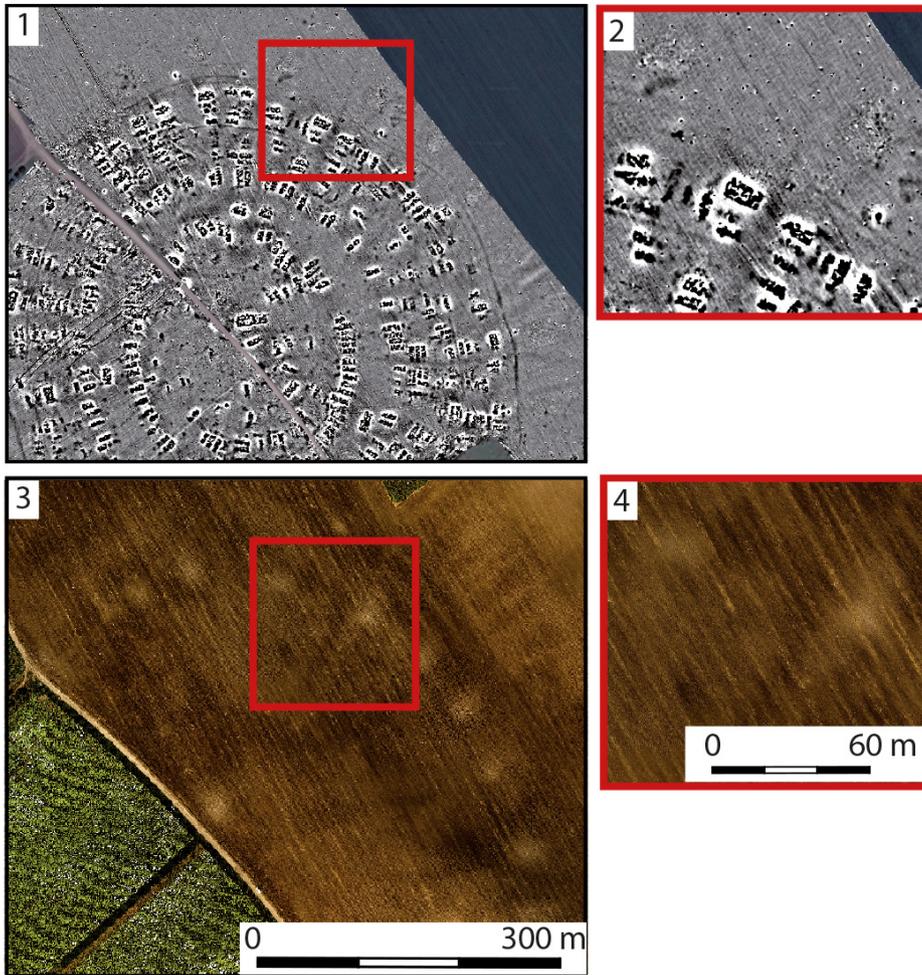
Ergebnisse

Stolniceni I (Tripolje B2/C1 – 3900–3700 v. Chr.)

Die Siedlung der Tripolje-Kultur (B2/C1) von Stolniceni, District Edinețs liegt auf einer Anhöhe, die heute von einer fruchtbaren Schwarzerde bedeckt ist. Sie wird im Nordwesten und Westen durch einen kleinen Fluss, den Ciuhuri abgegrenzt. Die magnetischen Prospektionsdaten zeigen ein dreifaches Grabensystem, das mit mehreren gut erkennbaren Toranlagen eine Siedlung von 29 ha umschließt (Abb. 3). Die Magnetikdaten lassen ca. 30–33 Hausgruppen mit ca. 340 Häusern erkennen (Abb. 4). Innerhalb der Siedlung finden sich Hinweise auf Wege und 10–15 Töpferöfen, letztere in gleicher Größenordnung wie in Petreni. Es ist davon auszugehen, dass in der Siedlung ursprünglich etwa 400 Häuser standen, da im Nordwesten durch eine Baumreihe eine Lücke im Messbild besteht. Die magnetischen Prospektionsdaten erlauben im Abgleich mit den vorliegenden Ausgrabungsbefunden eine detailreiche Rekonstruktion eines Grundrissplanes einer kupferzeitlichen Siedlung. In Ansätzen war sie bereits in den Luftbildern aus den 1970er-Jahren zu erkennen (Abb. 4.1). Die Interpretation der Luftbildbefunde durch K. V. Shyskin zeigte Hausstellen, wie auch die Wege zwischen den Hausgruppen, Gruben und einige der merkwürdigen kreisförmigen Anomalien außerhalb der Siedlung. Sie gaben Anlass für verschiedenste Deutungen, so wurden sie z. B. als Wachtürme angesprochen.

Dank der aktuellen Ausgrabungen in Stolniceni können wir diese Annahme ausschließen. In Stolniceni fanden sich an vergleichbaren Stellen im Vorfeld der Gräben kreisrunde Aschelagen mit einem Durchmesser von 20–30 m, in denen sich auffallend viele Tierknochen fanden, aber keinerlei Hinweise auf Baureste. Vielleicht handelt es sich um temporär genutzte Plätze für Versammlungen oder Feste.

Der detaillierte Plan Shyskins (Abb. 3.1) hatte durchaus Zweifel ausgelöst und zur Frage geführt, ob er die Luftbilder nicht überinterpretiert hatte. Unsere magnetischen Daten wie auch unsere aktuellen Ausgrabungen bestätigen jedoch viele seiner Ergebnisse.

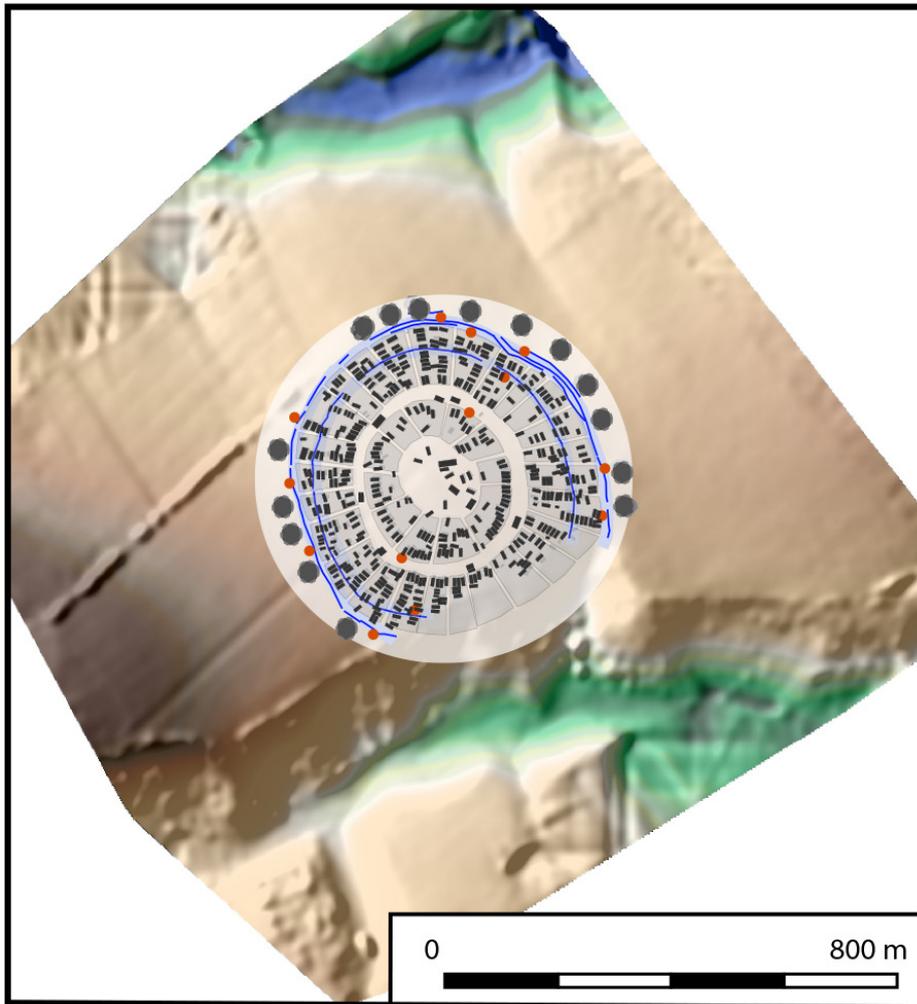


6 Petreni (District Drochia). 1 Magnetische Prospektion im zentralen Teil der Siedlung. 2 Kreisförmige Anomalie im magnetischen Befund. 3 Drohnenfoto vom zentralen Teil der Siedlung. 4 Kreisförmige Anomalie im Drohnenfoto (Grafik: R. Scholz).

Die aktuelle Befliegung in Stolniceni umfasst 5 km² mit der Siedlung im Zentrum. Der Bereich der kupferzeitlichen Siedlung war zum Befliegungszeitraum durch Soja bepflanzt, aussagekräftige Bewuchsmerkmale ließen sich dadurch nicht erkennen. Im hochauflösenden Geländemodell finden sich jedoch wichtige Informationen. Zunächst ist es die prägnante Geländesituation. Eine leichte Anhöhe die auf die Existenz einer mehrschichtigen Siedlung hindeuten könnte, lässt sich nicht erkennen. Ein Umstand, der auch in der laufenden Ausgrabung bestätigt wurde. Eine Struktur, die sich selten in den Magnetikdaten findet, sind Wege. Sie sind auf Korridore zwischen den Häusern ausgerichtet. Hinweise auf diese Anomalien liegen auch im Geländemodell vor. Sie zeigen sich als leichte Erosionsrinne an verschiedenen Stellen (Abb. 4.2). Was auf den ersten Blick überrascht, lässt sich vielleicht durch den Umstand erklären, dass Wege, die in einer Siedlung mit ca. 2000 Einwohnern entstehen bzw. angelegt werden, mit den Jahren der Nutzung durch Mensch und Haustiere eine beträchtliche Erosion zur Folge haben. Diese Beobachtung sollte systematisch auch bei anderen Siedlungsplätzen geprüft werden.

Petreni (Tripolje B2/C1 – 3900–3800 v. Chr.)

Die Siedlung von Petreni, District Drochia, liegt auf einer West-Ost ausgerichteten Anhöhe mit fruchtbarer Schwarzerde. Durch die magnetische Prospektion der Römisch-Germanischen Kommission wurde zwischen 2009 und 2011 erstmalig eine kupferzeitliche Siedlung in hoher Auflösung vollständig magnetisch vermessen. In den magnetischen Daten sind ca. 460 Häuser, ca. 320 Gruben, mehrere Gräben und ca. 13 Töpferöfen sichtbar. 2017 wurden in Petreni jeweils 2 km² mit der Drohne befliegen. Auch hier stand die Erhebung topographischer Daten im Vordergrund. Anders als in Stolniceni, wo keine relevanten Strukturen im Luftbildbefund identifiziert werden konnten, zeigen sich in den aktuellen Luftbildern von Petreni einige Strukturen, darunter sechs kreisförmige Anomalien in der Peripherie der Siedlung. Letztere fanden sich auch in alten Luftbildern und wurden bereits von K. V. Shyskin bemerkt (Abb. 5). Wie auch in Stolniceni decken sie sich mit den magnetischen Anomalien (Abb. 6).



Magnetische Anomalien

- Töpferofen
- Haus
- Ascheplatz
- Graben

7 Petreni (District Drochia). 1 Digitales Geländemodell aus den Drohnenaufnahmen und die Interpretation der magnetischen Prospektion sowie der Luftbilder (Grafik: R. Scholz).

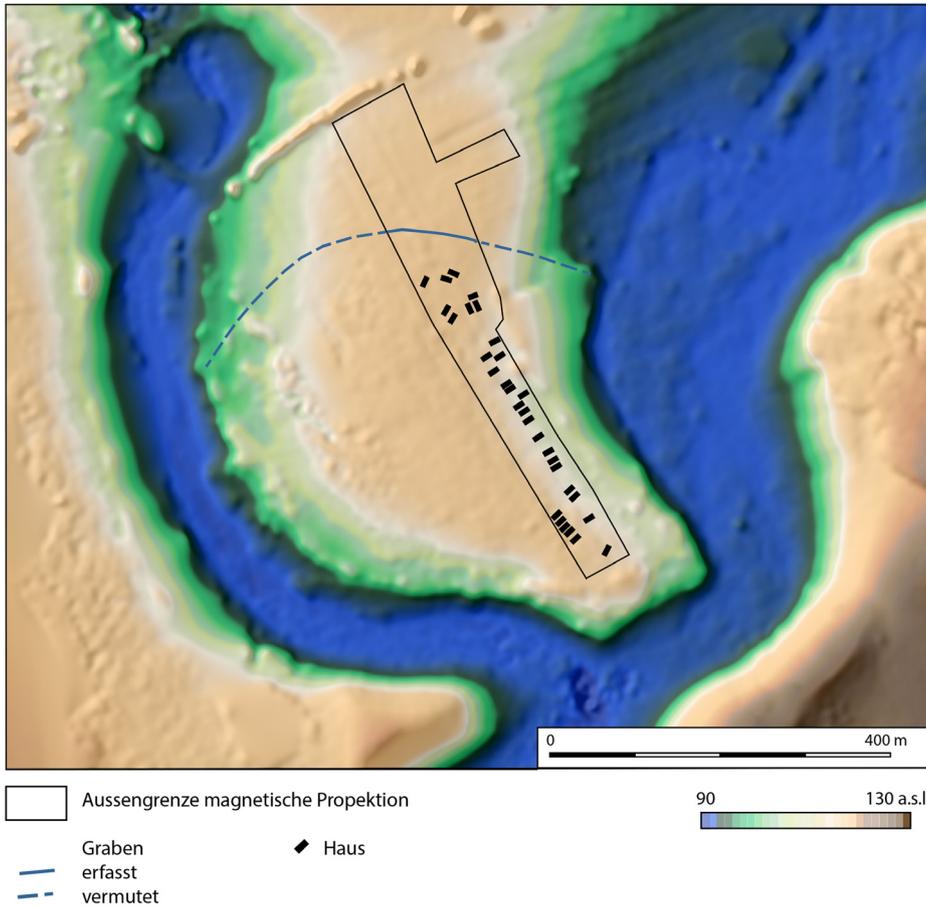
Wie bereits in Stolniceni wurden auch in Petreni Luftbildfotos für die Berechnung eines digitalen Geländemodells verwendet. Der Fundplatz liegt ähnlich prägnant in der Landschaft wie Stolniceni. Die Siedlung befindet sich in einer geschützten Lage; sie wird im Norden und Süden von zwei Fließgewässern begrenzt. Die spezifische topographische Lage und das Vorhandensein von Gräben um die Siedlung sprechen für eine Platzwahl, bei der Verteidigungsgründe mitentscheidend waren (Abb. 7).

Brînzeni VIII

Die Topographie von Brînzeni VIII, District Edineț, ähnelt der Situation von Stolniceni. Auch hier bedeckt eine fruchtbare Schwarzerde die Anhöhe. In Brînzeni VIII wurden in den 80er-Jahren mehrere Häuser ausgegraben. 2017 konnte erstmals eine Fläche prospektiert werden. In den magnetischen Prospektionsdaten war an verschiedenen Stellen ein Graben zu erkennen und zudem mehrere Häuser (Abb. 8). In Verbindung mit der markanten topographischen Situation können wir daraus den Grabenverlauf rekonstruieren, wie auch die Bebauungsdichte. Wahrscheinlich betrug die Siedlungsfläche ca. 15–18 ha, ist also deutlich kleiner als Stolniceni oder Petreni. Die Anzahl der Häuser lässt sich schwerer schätzen. In Stolniceni und Petreni betrug die Hausanzahl 14–20 Häuser pro Hektar, daher kann sie in Brînzeni zwischen 200 und 350 Häusern insgesamt liegen. Offen ist die Frage, ob und wie viele Häuser außerhalb der grabenumwehrten Fläche existiert hatten. Würden wir eine periphere Bebauung in Betracht ziehen, könnten in Brînzeni VIII Hauszahlen in gleicher Größenordnung wie in Stolniceni I bestanden haben.

Ausblick

Die Drohnenaufnahmen der Geländesituationen in und um Petreni, Stolniceni und Brînzeni sind eine wertvolle Ergänzung der magnetischen Prospektionen. Vor allem konnten präzise topographische Daten gewonnen werden. Die berechneten Modelle können die Qualität von LIDAR-Aufnahmen nicht erreichen, sie sind aber wie das Beispiel Stolniceni mit den entdeckten Erosionsrinnen der kupferzeitlichen Wege zeigt, eine verlässliche Alternative.



Der große Vorteil einer Drohnenbefliegung sind die geringen Kosten der Technik. Die Einsätze wurden von der RGK auch genutzt, um die moldawischen Archäologinnen und Archäologen beim Einsatz der Technik und bei der Datenauswertung zu schulen. Damit stellen wir einen Wissenstransfer zu unseren Partnern sicher, deren Ziel es ist, in den kommenden Jahren systematisch alle bekannten kupferzeitlichen Fundplätze zu befliegen.

Es ist absehbar, dass Drohnen in Zukunft Standard für die Dokumentation von Ausgrabungen und das Monitoring archäologischer Stätten verschiedenster Art werden. Ebenso gewinnen sie als Trägersystem für verschiedene Sensoren an Bedeutung, wie beispielsweise Wärmebildsensoren oder Multi-spektralkameras. Offen ist noch, wie schnell es gelingen wird, digitale Mikrosensoren für magnetische Prospektionen mit Drohnen zum Einsatz zu bringen. Die Miniaturisierung der Technik und sinkende Kosten in Verbindung mit leistungsfähiger Software eröffnen dem Einsatz von Drohnen vielfältige Möglichkeiten.