

Auf Spurensuche in Serbien

18

Warum Forschende
aus Tübingen in Höhlen nach
uralter DNA suchen

Tag 6 der Serbien-Exkursion: Ausgrabungen in der
Arena-Höhle bei Majdanpek

Ein sonniger Augustmorgen in Tübingen. Im Hof des Instituts herrscht geschäftiges Treiben: Kisten werden verladen, Geräte überprüft und Helme sortiert. Das Team des Leibniz-WissenschaftsCampus „GACT“ – kurz für Geogenomic Archaeology Campus Tübingen – bricht auf zu einer Expedition nach Serbien. Dort wartet ein spannendes Forschungsvorhaben: die Suche nach alter DNA in archäologischen Höhlenfundstellen. Rund 1.500 Kilometer liegen vor den Teammitgliedern.

von Meret Häusler, Jens Grammer,
Ani Hristonova, Freya Steinhagen &
Gerlinde Bigga

U nser Wissenschaftscampus vereint über 40 Forschende aus drei Einrichtungen mit einem internationalen Netzwerk von Kooperationspartnern. In nur fünf Tagen sollen in neun verschiedenen Höhlenfundstellen Sedimentproben entnommen werden. Später wird im Labor nach DNA, Phosphor und anderen Spuren gesucht, die Aufschluss über die Höhlenbewohner*innen vergangener Jahrtausende geben könnten. Die Herausforderung: Die Proben dürfen auf keinen Fall mit der modernen DNA des Teams verunreinigt werden.

Höhlen als Archive der Vergangenheit

Die serbischen Höhlen, die das Team ansteuert, waren über Hunderttausende von Jahren Zufluchtsort und Lebensraum von Menschen. GACT ist besonders an den Schichten aus der Altsteinzeit, dem Paläolithikum, interessiert. Damals lebten verschiedene Menschenarten in Europa: Vertreter von *Homo heidelbergensis*, Neandertalern, des modernen Menschen *Homo sapiens* und möglicherweise Denisova-Menschen nutzten die Höhlen des Zentralbalkans (Mihailović et al. 2025). Ein besonders bedeutender Fund stammt aus der Fundstelle Mala Balanica: ein Unterkieferfragment mit drei Backenzähnen, das älteste menschliche Fossil in dieser Region (Roksandic et al. 2011). Auch dieser Fundort steht auf der Liste des Teams.



Nicht nur das Graben selbst, auch der Weg dorthin erfordert Einsatz – hier der Aufstieg zur Arena-Höhle.

Höhlen sind wie Zeitkapseln: Abgeschirmt von Wind, Wetter und UV-Strahlung können sich ungestört Sedimente und andere Materialien ablagern, die wertvolle Informationen über frühere Ökosysteme enthalten. Das gleichbleibende Mikroklima bewahrt organische Reste wie zum Beispiel Knochen oder eben alte DNA vor dem Zerfall.

Das Verständnis der Umweltbedingungen und der Bevölkerungsdynamik in Südosteuropa könnte neue Erkenntnisse darüber liefern, wie sich Menschen ausgebreitet, an klimatische Veränderungen angepasst und Kultur und Gene ausgetauscht haben. In allen neun Höhlen fanden sich Spuren für die Anwesenheit von Menschen, sowohl aus dem Pleistozän, dem Eiszeitalter, als auch aus dem Holozän, unserer heutigen Warmzeit. Die anthropogenen Ablagerungen aus dem Holozän sind oft mächtiger als die aus den älteren, eiszeitlichen Epochen. Das widerspricht der gängigen Annahme, dass Höhlen →

19

Jens Grammer und
Mitforschende bei
einer Blockbergung
in Velika Balanica

nach dem Ende der letzten Kaltzeit seltener bewohnt wurden. Im Gegenteil: Vieles spricht dafür, dass sie auch in den letzten 10.000 Jahren wichtige Zufluchtsorte und Nutzräume blieben – sei es als Stallung für Schafe und Ziegen oder auch als Schauhöhle für den Tourismus.

DNA aus Sedimenten: Wie geht das?

Die DNA, der Bauplan des Lebens, kann sich über erstaunlich lange Zeiträume erhalten. Die bislang älteste aus Sediment stammende DNA ist rund zwei Millionen Jahre alt und stammt aus dem grönländischen Permafrost (Kjær et al. 2022).

Bei archäologischen Ausgrabungen findet man immer wieder Knochen von Menschen und Tieren, aber auch andere Überreste, in denen DNA enthalten sein kann, wie zum Beispiel Fell oder auch Pflanzenteile. Aber was, wenn solche Gegenstände nicht erhalten sind? Wie kann man dann herausfinden, wer in der Höhle lebte? Genau dieser Frage gehen Forschende aus dem Senckenberg Centre for Human Evolution and Palaeoenvironment, der Universität Tübingen und vom Max-Planck-Institut für Biologie in Tübingen nach. Sie arbeiten interdisziplinär und wenden Methoden aus vielen Fachrichtungen an, um die vielschichtigen Prozesse und Wechselwirkungen in den Höhlenablagerungen besser zu verstehen.

Neben den „klassischen“ Funden hinterlassenen Lebewesen auch andere Spuren in Form von Hautschuppen, Essensresten oder Exkrementen. Im Kot beispielsweise steckt jede Menge DNA und Phosphor: von der verdauten Nahrung, von den Mikroorganismen im Darm und vom Verursacher selbst. Aber auch Parasiten bleiben erhalten. Das hat ein Gastwissenschaftler des Campus herausgefunden. Alles sammelt sich im Sediment an. Der Mensch steht ganz besonders im Fokus: Welche Menschen-



arten lebten in der Höhle und wie veränderten sie dieses Miniökosystem– vom Bakterium bis zum Höhlenbären?

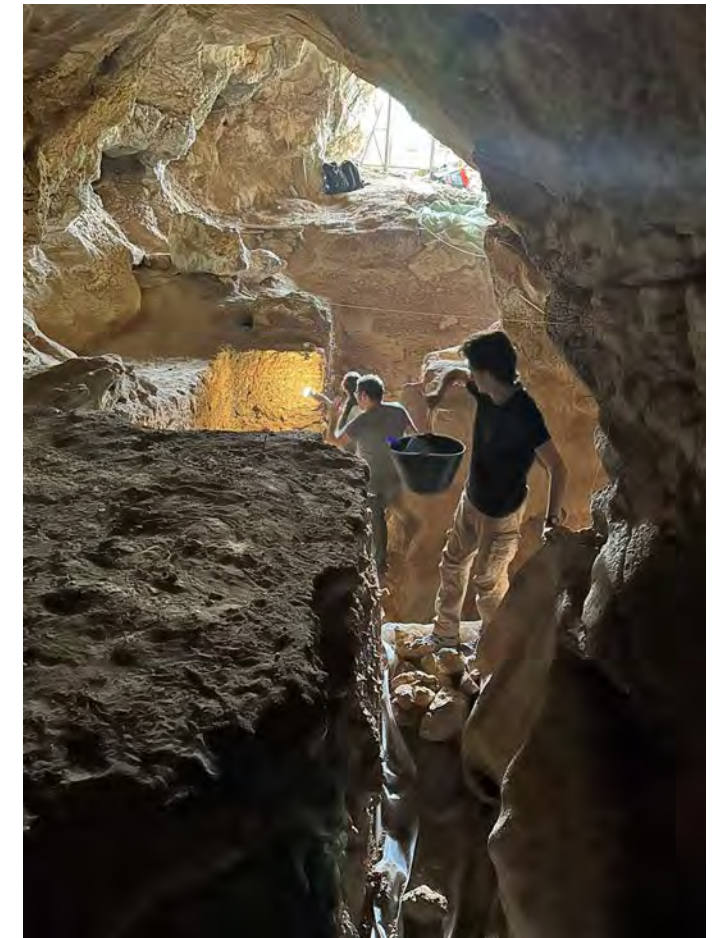
Die Herausforderung besteht darin, die DNA zu finden und zu bestimmen, von welchem Lebewesen sie stammt. Hierzu werden Computerprogramme verwendet. Allerdings verrät ein DNA-Fragment oft nur, dass es etwa aus der Familie der Hundeartigen stammt – aber nicht, ob von Wolf, Fuchs oder einer frühen Hundart. Es ist daher Aufgabe der Bioinformatiker*innen, diese Programme stetig weiterzuentwickeln, um die Funde genauer zuordnen zu können. Zudem versuchen die Wissenschaftler*innen, die DNA-Fragmente, die zu einem Lebewesen gehören, wieder zu einem DNA-Stück zusammenzusetzen. Dies nennt man DNA-Rekonstruktion und ist wichtig, um exakte Einblicke in die Eigenschaften und die Abstammung des Lebewesens zu gewinnen. Auf der anderen Seite finden sich auch Elemente wie zum Beispiel

Phosphor im Sediment, der ebenfalls durch Tiere und Pflanzen in die Höhlen gelangt und etwas über ihre Anwesenheit verrät. Das Ziel all dieser Arbeiten ist es, ein möglichst umfassendes Bild der Lebewesen zu rekonstruieren, die sich früher in diesen Höhlen aufhielten oder sie gar bewohnten.

Wissenschaft über Grenzen hinweg

Seit vielen Jahren pflegen die Tübinger*innen enge Kontakte zu ihren serbischen Kolleg*innen Dušan Mihajlović (Universität Belgrad) und Bojana Mihajlović (Nationalmuseum Belgrad), die in den Höhlen vor Ort die Ausgrabungen leiten. Die internationale Zusammenarbeit und die Bündelung vielfältiger Expertise sind die Stärken des Campus. GACT schlägt dabei Brücken – zwischen Ländern ebenso wie zwischen Disziplinen: Jens ist Geograf und möchte herausfinden, wie Phosphor im Se-

diment der Höhle zirkuliert, um menschliche und tierische Aktivitäten sichtbar zu machen. Geoarchäologin Ani ist an der Entstehung der Ablagerungen interessiert und gespannt darauf, welche zusätzlichen Informationen die DNA in ihren Proben liefern kann. Freya arbeitet als Archäogenetikerin und wird später im Labor nach Fragmenten alter DNA suchen. Bioinformatikerin Meret interessiert sich speziell für Mikroorganismen im Boden, die gerne übersehen werden, aber das Ökosystem entscheidend mitbeeinflussen. Sie alle promovieren am Campus und wollen herausfinden, was vor Zehntausenden von Jahren in den Höhlen vor sich ging. Milan ist Geomikrobiologe, Postdoc am GACT und wird später im Labor Experimente entwickeln zur Bewertung der Auswirkungen von Phosphor und anderen Bodenbestandteilen auf die Mobilität und Rückgewinnung alter DNA. Das wird in Zukunft dabei helfen, gezielt alte DNA im Sediment zu finden. →



Blick ins Höhleninnere an der Fundstelle Mala Balanica



Das GACT-Team mit den serbischen Kolleg*innen vor der Fundstelle Velika Balanica

Im Feld zeigt sich, dass Forschung Teamarbeit ist. Jeder hat zwar seine eigenen Forschungsfragen, aber alle arbeiten für den übergeordneten Erfolg des Projekts. Die Tage sind lang, der Zeitplan strafft. Zwölf Stunden Arbeitszeit sind keine Seltenheit, an manchen Tagen sind sie gleich in zwei oder gar drei Höhlen aktiv, teilweise mit zwei Teams parallel. Milan hilft den Geoarchäolog*innen einen ganzen Tag lang dabei, Blockproben für die mikromorphologischen Untersuchungen zu bergen und einzugipsen. Jens zieht sich Gesichtsmaske, Haarnetz und Handschuhe an, um bei der Entnahme steriler DNA-Proben zu helfen. Ani bleicht noch spät am Abend die Werkzeuge, um sie von moderner DNA zu reinigen. Währenddessen entnehmen Meret und Freya in Pešturina, wo früher Neandertaler lebten (Mihajlović et al. 2022), fast 50 Proben in wenigen Stunden – am nächsten Tag wartet bereits die nächste Region.

Zwei Tage Hinfahrt, zwei Tage Rückfahrt – das zehrt an den Kräften. Nach der Rückkehr herrscht erstmal einige Tage Funkstille: keine Mails, keine Zoom-Meetings. Bei den meisten Teammitgliedern ist erst einmal Ruhe angesagt. Nach einigen Tagen kehrt wieder Leben in die Gruppe. Anekdoten werden erzählt, Fotos geteilt. So wie die von der abenteuerlichen Fahrt auf dem Traktor zur Höhle und dem Skorpion im Grabungsschnitt. Diese Reise war mehr als das Sammeln von Proben. Sie war gelebte Zusammenarbeit – Wissenschaft als Teamleistung.

Von der Höhle ins Labor

Nach acht intensiven Tagen bringt das Team über 400 Proben nach Tübingen zurück. Jetzt beginnt der zweite Teil der Arbeit: Die Wissenschaftler*innen entnehmen Teilproben, damit jede*r mit eigenen Methoden an individuellen Fragestellungen weiterforschen kann. Mit nur 50 Milligramm Sediment oder einem Dünnschnitt von wenigen Millimetern Dicke rekonstruieren sie ganze Ökosysteme.

Was dabei herauskommt? Das ist noch ungewiss. Die Auswertungen werden Wochen, vielleicht sogar Monate dauern. Doch die Vorfreude auf die Ergebnisse ist groß – und wir werden berichten! Eines ist aber jetzt schon klar: Die Expedition hat nicht nur wertvolles Material geliefert, sondern auch bleibende Eindrücke hinterlassen – über Disziplin- und Ländergrenzen hinweg.



Sorgfältig dokumentiert: Bergung eines Sedimentblocks aus der Fundstelle Mala Balanica zur weiteren geoarchäologischen Analyse



Blick vom Grabungshaus in Sicevo

Dank

Dieser Beitrag wurde von der Leibniz-Gemeinschaft gefördert und im Rahmen des Leibniz ScienceCampus Geogenomic Archaeology Campus Tübingen (Projekt-Nr.: W73/2022) entwickelt. Die Forschung wurde zudem vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg unterstützt. ←

Quellen

- Mihailović, B., Mihailović, D., Dragosavac, Marković, J., Pajović, D., Silva, L. O., Skinner, A., Roksandic, M. (2025): Late Middle Paleolithic and Early Upper Paleolithic of the Western Balkans: lithic assemblages from Šalitrena Pečina (Serbia). – Quaternary International, 749. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2025.109990>
- Roksandic, M., Mihailović, D., Mercier, N., Dimitrijević, V., Morley, M. W., Rakočević, Z., Mihailović, B., Guibert, P., Babb, J. (2011): A human mandible (BH-1) from the Pleistocene deposits of Mala Balanica cave (Sicevo Gorge, Niš, Serbia), in: Journal of Human Evolution, 61, S. 2186–2196. DOI: 10.1016/j.jhevol.2011.03.003
- Kjær, K. H., Winther Pedersen, M., De Sanctis, B. et al. (2022): A 2-million-year-old ecosystem in Greenland uncovered by environmental DNA. – Nature, 612, S. 283–291. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05453-y>
- Mihailović, D., Milošević, S., Blackwell, B. A. B. [...] Lindal, J. & Roksandic, M. (2022): Neanderthal settlement of the Central Balkans during MIS 5: Evidence from Pešturina Cave, Serbia. – Quaternary International, 610, S. 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.09.003>

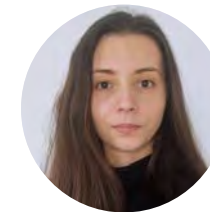
Die Autor*innen



Meret Häusler ist Doktorandin im Bereich Bioinformatik an der Universität Tübingen. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt in der Entwicklung von Methoden zur Analyse alter DNA in Höhlensedimenten.



Jens Grammer promoviert in der AG Geoökologie an der Uni Tübingen zu Phosphor in Höhlensedimenten. Er untersucht den Phosphorkreislauf in Höhlen und prüft, ob Phosphorsignaturen frühere Aktivitäten erkennen lassen.



Ani Hristonova ist Geoarchäologin und erforscht in ihrer Dissertation Stallablagerungen in Höhlen. Sie kombiniert Mikromorphologie mit DNA-Untersuchungen, um menschliche Aktivitäten und Fundstellenprozesse besser zu verstehen.



Freya Steinhagen ist Senckenberg-Doktorandin am GACT. Ihr Schwerpunkt liegt auf alter DNA, Metagenomik und dem Einfluss menschlicher Gruppen auf Ökosysteme und Höhlenfaunen.



Dr. Gerlinde Bigga ist Archäobotanikerin und hat über die Pflanzen der Fundstelle Schöningen promoviert. Sie arbeitet als wissenschaftliche Koordinatorin für den Geogenomic Archaeology Campus Tübingen und gestaltet die Wissenschaftskommunikation des Projekts.

Kontakt:

Dr. Gerlinde Bigga, Wissenschaftliche Koordinatorin Leibniz WissenschaftsCampus: Geogenomic Archaeology Campus Tübingen (GACT), Hölderlinstr. 12, 72074 Tübingen, gerlinde.bigga@senckenberg.de