

„All der holden Hügel
ist keiner mir fremd ...“

Festschrift zum 65. Geburtstag von
Claus-Joachim Kind

herausgegeben
von

Michael Baales
Clemens Pasda



2019

Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn

Die Stratigraphie der Blätterhöhle. Schichtenfolge, Datierung, Mikromorphologie und 3D-Funddichteschätzungen

Jörg Orschiedt^{1,6*}, Wolfgang Heuschen², Birgit Gehlen³, Werner Schön,⁴
Martin Kehl⁵ und Georg Roth⁶

¹ Curt-Engelhorn-Zentrum
Archäometrie gGmbH
D6, 3 und C4, 8
68159 Mannheim
joerg.orschiedt@cez-archaeometrie.de
* korrespondierender Autor

² Archäologisches Forschungszentrum
und Museum für menschliche
Verhaltensentwicklung
Schloss Monrepos
56567 Neuwied
heuschen@regzm.de

³ Universität zu Köln
SFB 806, Projekt D4
Bernhard-Feilchenfeld-Straße 11
50969 Köln
bgehlen1@uni-koeln.de

⁴ Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Institut für Ur- und Frühgeschichte
Kochstraße 4/18
91054 Erlangen
werner.schoen@gmx.de

⁵ Geographisches Institut
Universität zu Köln
Zulpicher Straße 45
50674 Köln
kehl@uni-koeln.de

⁶ Freie Universität Berlin
Prähistorische Archäologie
Fabeckstraße 23–25
14195 Berlin
joerg.orschiedt@fu-berlin.de
g.roth@fu-berlin.de

Zusammenfassung

Die Funde der Speläologen des Arbeitskreises Kluterthöhle e.V. von 2004 und die Grabungen der Jahre 2006–2017 haben in der Blätterhöhle frühmesolithische und jung- bis spätneolithische Menschenreste zutage gefördert. Durch die archäologischen Ausgrabungen seit 2006 konnte auch auf dem Vorplatz der Höhle eine überregional bedeutende Abfolge mesolithischer und neuerdings auch spätpaläolithischer Schichten untersucht und dokumentiert werden.

Die Analysen der dokumentierten Fundverteilungen in der Höhle ermöglichen es trotz Bioturbation, Fragen nachzugehen, welche Aktivitäten und Prozesse in der Höhle abgelaufen sind. Dabei ist wesentlich, darauf hinzuweisen, dass trotz bioturbierter Sedimente horizontal- und vertikalstratigraphisch deutlich abgrenzbare Fundkonzentrationen nachweisbar sind. Die Kombination der 3D-Funddichteschätzung mit den Ergebnissen der mikromorphologischen Untersuchungen und den im Zuge der Ausgrabungen dokumentierten Sedimenten lässt auch Rückschlüsse auf Erosion, Fundverlagerungen, alte Oberflächen und andere Prozesse zu und ermöglicht das Erkennen latenter Befunde. Es lassen sich dadurch nicht nur Belege für bioturbativ bedingte Fundverlagerungen und Sedimenteingriffe durch die Speläologen in der Entdeckungsphase der Höhle aufdecken, sondern es wird auch deutlich, dass weitgehend ungestörte Fundsituationen in den Quadranten 5 und 14 vorliegen.

Schlüsselwörter

Spätpaläolithikum, Mesolithikum, Neolithikum, ¹⁴C-Datierung

Entdeckung

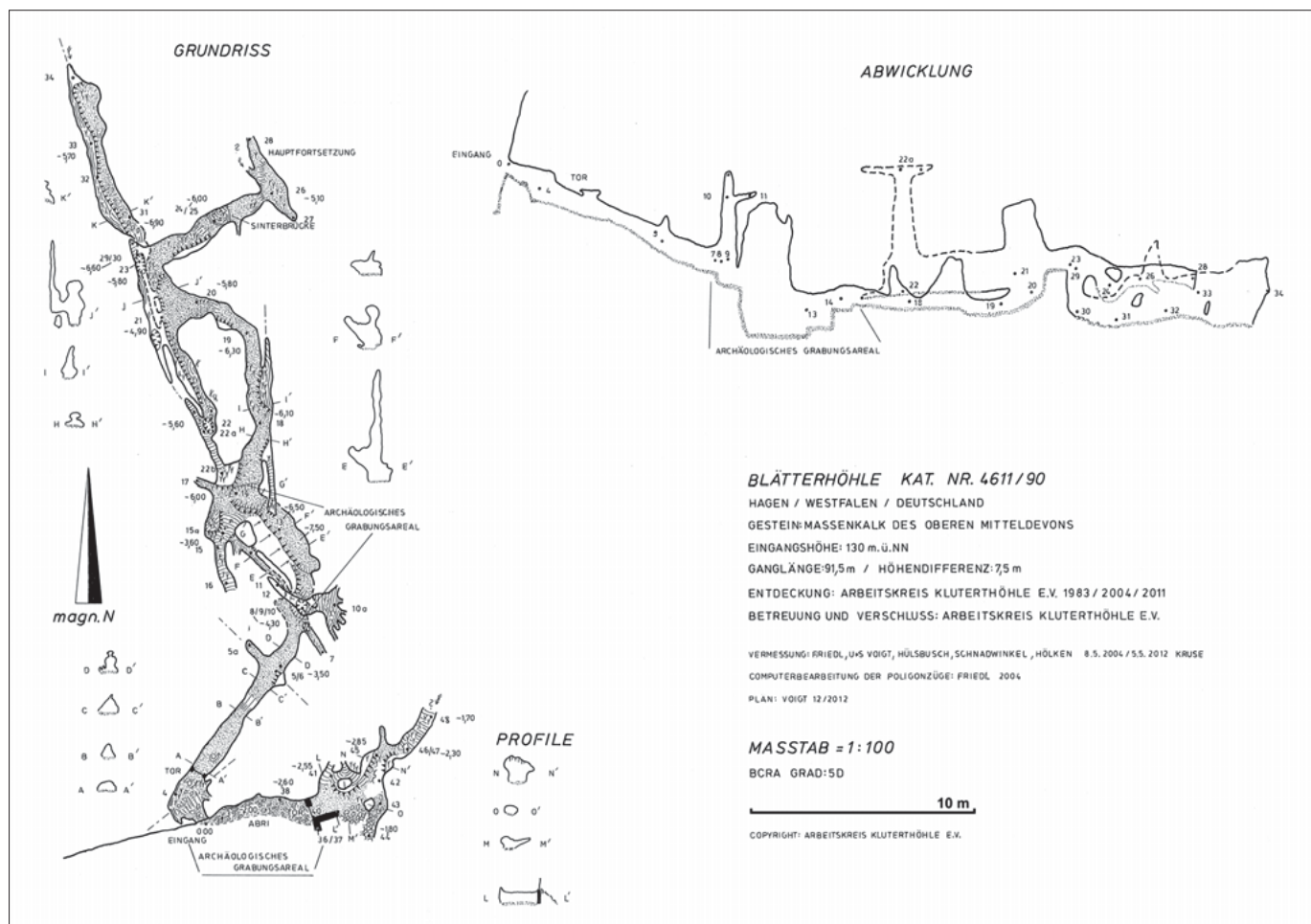
Die bereits 1983 entdeckte Blätterhöhle liegt am Südosthang des Weissensteins, eines Massenkalkblockes im Hagener Ortsteil Holthausen. Speläologen des Arbeitskreises Klutertöhle e.V. stießen 2004 auf die ersten archäologischen Funde. Zwecks Vermessung und Dokumentation des Höhlensystems wurde ein Kriechgang geschaffen, bei dem Sediment der Höhlenverfüllung entfernt wurde. Bereits während der Arbeiten durch die Speläologen konnte eine große Zahl an Knochen geborgen werden (Orschiedt et al. 2008). Bei der Durchsicht des Fundmaterials zeigte sich, dass neben umfangreichen faunistischen Resten auch Menschenknochen unter den Funden vertreten waren. Insgesamt wurden bei den Arbeiten 14 m³ Sediment geborgen, das innerhalb der folgenden drei Jahre vollständig geschlämmt und untersucht werden konnte. Das meist kleinstückige archäologische Fundmaterial konnte erst beim Schlämmen identifiziert werden.

Die Grabungen in der Blätterhöhle 2006–2016

Bei der annähernd Nord-Süd-orientierten Höhle handelt es sich um eine von Westen nach Osten abfallende Spalte mit einer Gesamtganglänge von ca. 60 m (Abb. 1). Die näpfchenartige Wandstruktur des Massenkalkes deutet auf ihre Entstehung als Laughöhle hin (vergleiche Wrede 1996, 13). Der Höhlengang verläuft leicht gebogen und teilt sich am Ende in zwei enge und nicht befahrbare Gänge. An der tiefsten Stelle, ca. 15 m vom Eingangsbereich entfernt, befindet sich das Grabungsareal. Der Grabungsort wurde zum einen anhand der höchsten Funddichte der dort 2004 entdeckten menschlichen Reste gewählt. Zum anderen bestanden im Bereich der heutigen Grabung die besten räumlichen Voraussetzungen, die Arbeiten in der engen Höhle zu beginnen.

Nach der Sichtung des 2004 geborgenen Fundmaterials wurden in den Jahren 2006–2008 Ausgrabungen sowohl in der Blätterhöhle als

1 Blätterhöhle, Grundriss und Seitenansicht. Vermessung Arbeitskreis Klutertöhle e.V. – Zeichnung: S. Voigt.



auch auf dem Vorplatz durchgeführt. Aufgrund des hohen Arbeitsaufwandes der Höhlengrabung und der nur begrenzt zu Verfügung stehenden Finanzmittel konnten in den Jahren 2009 und 2010 keine Grabungen in der Höhle stattfinden. Diese wurden 2011 in vollem Umfang wieder aufgenommen und blieben 2012 auf eine kleinräumige Sondage beziehungsweise Bergung begrenzt, da die zeitgleich laufenden Grabungen im Eingangsbereich der Höhle dies technisch erschwert hätten. Im Jahre 2013 blieben die Grabungsaktivitäten dann ebenfalls auf den Vorplatz beschränkt. Seit 2014 finden wieder regelmäßig Grabungen auf dem Höhlenvorplatz und in der Höhle statt.

Die Grabungen hatten zunächst das Ziel, die stratigraphische Situation in der Höhle zu klären. Dabei sollte festgestellt werden, inwieweit überhaupt archäologische Schichten vorhanden sind und in welchem Maße die Erdbewegungen der Speläologen in diese eingegriffen haben. Nach der Installation eines Vermessungsnetzes erfolgten Ausgrabung und Dokumentation der Sedimente und der darin befindlichen Funde in einem Viertelquadratmetersystem in 5-cm-Abträgen, wobei nach den unterschiedlichen Schichten getrennt gegraben und dokumentiert wurde. Die Sedimente sind alle geborgen und im Anschluss an die Grabungskampagnen zeitlich parallel geschlämmt worden.

Lab.-Nr.	Inventar-Nr.	Skelettelement	¹⁴ C BP	cal BC (Oxcal) 2σ	cal BC (Calpal) 2σ
KIA 28842	04/012A	Mandibula	4.405 ± 30	3.099–2.918	3.020 ± 61
KIA 28846	04/172	Mandibula	4.465 ± 30	3.339–3.206	3.196 ± 103
KIA 37510	04/029	Tibia sin. ad	4.510 ± 35	3.255–3.097	3.227 ± 90
KIA 28844	04/023	Femur	4.580 ± 30	3.376–3.328	3.335 ± 136
KIA 28843	04/012B	Mandibula	4.590 ± 25	3.377–3.333	3.418 ± 63
KIA 28845	04/024	Humerus	4.615 ± 30	3.503–3.428	3.429 ± 60
KIA 45005	04/025	Fibula	4.665 ± 30	3.512–3.486	3.449 ± 52
KIA 28841	04/011	Mandibula	4.720 ± 30	3.461–3.376	3.508 ± 102
KIA 45010	04/034	Fibula	4.730 ± 25	3.630–3.581	3.513 ± 102
KIA 26264	04/041	Fibula	4.755 ± 30 4.450 ± 100	3.638–3.508	3.571 ± 47 3.147 ± 156
OxA 14465	04/041	Fibula	4.809 ± 35	3.610–3.520	3.593 ± 47
OxA 14464	04/007	Cranium	4.833 ± 37	3.700–3.624	3.604 ± 52
KIA 26263	04/007_04/009	Cranium	4.835 ± 30 4.757 ± 55	3.664–3.626	3.604 ± 49 3.520 ± 96
KIA 37507	04/022	Femur juvenil	4.845 ± 35	3.701–3.630	3.616 ± 56
KIA 45011	04/045	Costa	4.860 ± 30	3.661–3.637	3.666 ± 20
KIA 45008	04/031	Radius	4.905 ± 25	3.695–3.656	3.681 ± 19
KIA 45009	04/032	Clavicula	4.905 ± 25	3.695–3.654	3.681 ± 19
KIA 45006	04/028	Humerus	4.950 ± 30	3.771–3.695	3.726 ± 38
KIA 37508	04/035	Tibia juvenil	5.055 ± 35	3.957–3.772	3.869 ± 59
KIA 45007	04/030	Ulna	5.145 ± 30	3.986–3.943	3.922 ± 60
OxA 26684	BH 11 6d, Po.47.7	Clavicula	4.767 ± 30	3.641–3.516	3.577 ± 43
AAR 15715	BV11_C6b/ Po.30.3 Höhlen- eingang	Tibia	4.596 ± 29	3.373–3.350	3.421 ± 63
KIA 37516	BH07_I4/Po.1	Tibia	9.355 ± 40	8.744–8.544	8.638 ± 56
KIA 37509	04/174	Tibia infans	9.370 ± 45	8.762–8.546	8.652 ± 58
KIA 24689	04/001_04/008	Cranium	9.390 ± 35 9.405 ± 60	8.744–8.551	8.677 ± 43 8.689 ± 68
KIA 26265	04/055	Costa	9.435 ± 40	8.805–8.606	8.713 ± 51
KIA 37515	BH08 14a/Po.44	Radius	9.460 ± 45	8.846–8.622	8.748 ± 67
OxA 14463	04/006	Parietale	9.470 ± 45	8.838–8.626	8.796 ± 90
OxA 14466	04/055	Costa	9.475 ± 50	8.843–8.612	8.870 ± 159
KIA 45012	BH08 Qu_16b/ Po 22.1	Parietale	9.700 ± 30	9.247–9.179	9.210 ± 29

Tab.
AMS ¹⁴C-Daten der menschlichen Skelettreste aus der Höhle und ihrem Eingangsbereich.

Die Sedimentgrenzen sowie die „*in situ*“ entdeckten Funde wurden mit ihrer Lage einzeln dreidimensional erfasst und zeichnerisch, fotografisch und beschreibend dokumentiert.

Die Grabungen im Eingangsbereich

Unmittelbar nach der Entdeckung der Höhle wurde diese durch den Einbau zweier hintereinander liegender Tore gesichert. Zu diesem Zeitpunkt befand sich noch der gesamte Felsverstoß auf dem Vorplatz und vor dem Höhleneingang. Nach der Abräumung der ca. 1,5 m mächtigen Verstoßschicht unmittelbar östlich des Höhleneinganges konnte dort im Rahmen von Grabungen eine umfangreiche mesolithische Schichtenfolge mit mehreren Feuerstellen freigelegt werden, an deren Basis der Übergang zum Spätpaläolithikum belegt ist (Heuschen et al. 2017). Bei der Freilegung der Oberfläche der Deckschicht wurde ein massiver Kalkblock von ca. 4 m Länge und 2 m Breite entdeckt. Die folgenden Grabungen konnten belegen, dass es sich dabei um ein Stück des ehemaligen Felsdaches handelt, welches vermutlich bereits im frühen Atlantikum abbrach und dadurch sowohl den Höhleneingang als auch die Schichtenfolge davor abdeckte und so versiegelte.

In den Jahren 2011–2012 wurden die Sedimente vor dem Eingang der Blätterhöhle archäologisch untersucht und in Profilen und Plana dokumentiert. Im Bereich des Einganges wurde innerhalb von Tiergängen eine Reihe von menschlichen Resten entdeckt. Neben Zähnen und einem Wirbel eines kindlichen Individuums wurden Fußknochen, Langknochensplitter, ein Fragment eines Schulterblattes und der größte Teil eines menschlichen Unterschenkels entdeckt. Die ^{14}C -Datierung des Fragmentes (AAR 15715) ergab ein spätneolithisches Alter (Tab.). Diese Skelettreste waren wahrscheinlich durch Tieraktivitäten verlagert worden. Da es sich fast ausschließlich um kleine, sehr bewegliche anatomische Elemente handelte, besteht die Möglichkeit, dass sie aus dem Höhleninnenraum heraus transportiert wurden. Bei den anschließenden Grabungen unmittelbar im Eingangsbereich konnten jedoch keine weiteren menschlichen Knochen geborgen werden, sodass derzeit nicht davon auszugehen ist, dass an dieser Stelle menschliche Reste oder vollständige Körper niedergelegt wurden.

Die archäologischen Horizonte im Höhlenbereich

Die Abfolge der Horizonte innerhalb der Höhle konnte bislang in fünf Profilen bis zu einer Mächtigkeit von 1,4 m unter der angetroffenen Oberfläche erfasst werden (Abb. 2). Sie schneiden die Höhlenfüllung in West-Ost-Richtung. Alle Profile einschließlich der Teilprofile unterscheiden sich in Details ihres Aufbaues, die grundlegende Abfolge ist jedoch bei allen ähnlich. Im oberen Bereich unterhalb eines wenige Zentimeter mächtigen Trampelhorizontes, der aus vertrettem und durch die Arbeiten in der Höhle verlagerten Sediment besteht, befindet sich ein dunkelbraunes, lockeres, humoses Sediment (1), das eine große Anzahl an Holzkohlen und Faunenresten sowie menschlichen Skelettresten des 4. Jahrtausends enthält. In einzelnen Abschnitten lagen hier auch größere Kalksteinblöcke. Darauf folgt im Liegenden häufig ein nur kleinräumig nachweisbares, lockeres Mischsediment, das einen geringen Anteil lössartiges Sediment enthält (1a).

Stellenweise schließt daran ein weiteres, allerdings festeres Mischsediment an, das durch einen deutlich höheren Anteil des lössartigen Sediments geprägt ist und ebenfalls große Holzkohlenfragmente, Faunenreste und Kalksteine enthält (1b/3b-1). Beide Horizonte (1a, 1b/3b-1) sind zusammen mit Sediment 1 als stark bioturbiertere Sedimente anzusprechen (siehe unten Mikromorphologie). Die hohe Anzahl von Faunenresten, vor allem von Resten des Dachses, lassen darauf schließen, dass es sich um verfüllte Dachsbauten handelt. Während Horizont 1 in unterschiedlichen Mächtigkeiten von 20–120 cm im gesamten Bereich der Grabungsfläche unterhalb des Trampelhorizontes auftritt, kommen die Mischhorizonte 1a und 1b nicht flächig vor. Im Westteil der Profile reichen diese Horizonte zipfelartig in ein weiteres festes, gelbes, lössartiges Sediment (3a) mit deutlich weniger Holzkohlen und Faunenresten hinein. Kalksteine kommen in diesem Bereich nicht vor. In Horizont 3a finden sich unter anderem Steinartefakte des Früh- bis Spätmesolithikums und menschliche Überreste, die in das Frühmesolithikum datieren. Dieses Sediment, das zunächst als ungestört angesehen wurde, ist jedoch nach der mikromorphologischen Analyse (siehe unten) ebenfalls als bioturbiert anzusprechen. Dabei handelt es sich allerdings nur um eine kleinräumige

Bioturbation „*in situ*“, also ohne größere Verlagerungen von kleinstückigen Objekten. An Horizont 3a schließt ein weiterer Sedimenttyp sowohl im Liegenden als auch auf gleichem Niveau in Richtung Höhlenwand an, der als „Horizont 3c“ bezeichnet wird. Dieses ebenfalls feste und lössartige Sediment weist jedoch im Unterschied zu 3a zahlreiche rotbraune und graue Einschlüsse sowie Fließstrukturen auf. In tiefen Abschnitten besitzt dieses gelbe und teilweise marmoriert wirkende Sediment höhere Sandanteile. Horizont 3c ist bislang vollständig fundleer und lässt sich als die spätpleistozäne Höhlenfüllung ansprechen. Sowohl Horizont 3a als auch Horizont 1, 1a und 1b sind in rinnenartigen Strukturen, die in Horizont 3c hinein-schneiden, abgelagert.

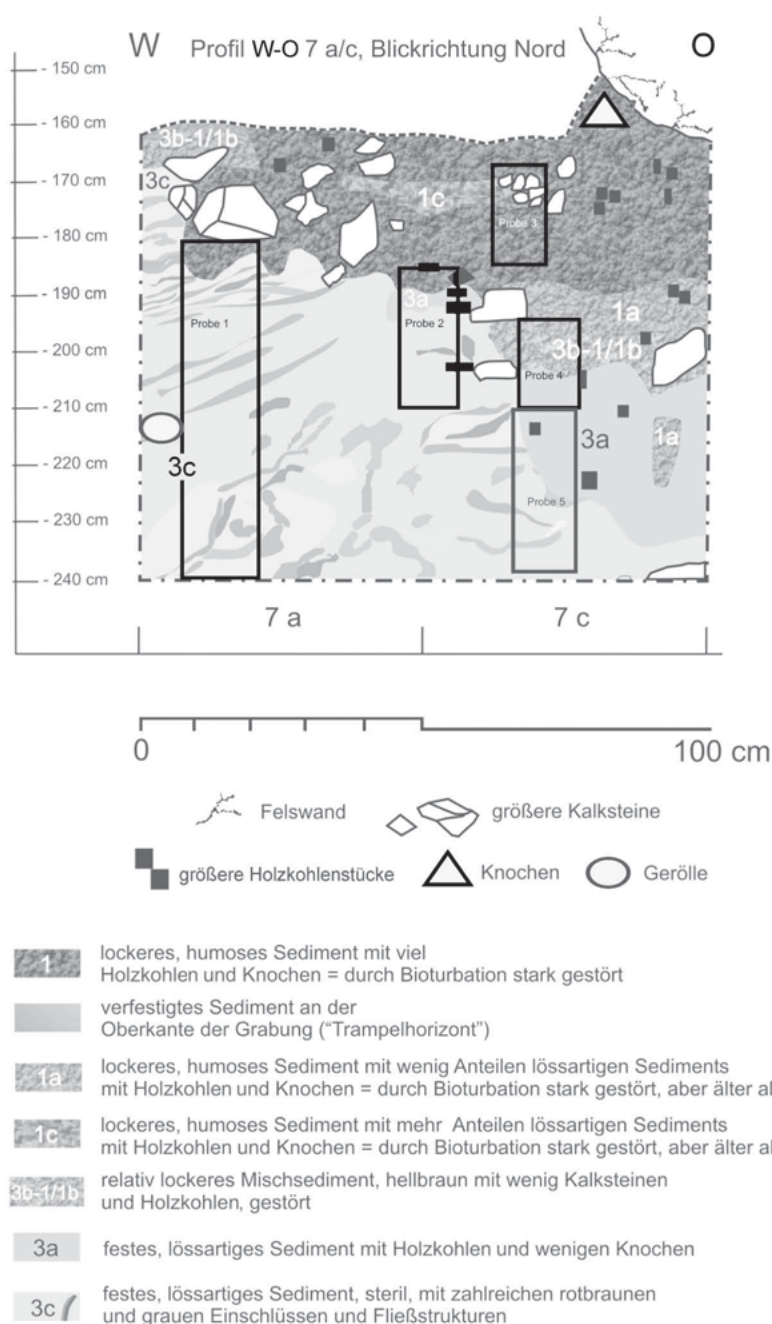
An keiner Stelle wurde im Zuge der Grabungen der Höhlenboden erreicht. Auch Bohrungen konnten bislang aufgrund der räumlichen Möglichkeiten keine Klarheit über die Mächtigkeit der noch vorhandenen Sedimente geben. Die Bohrungen zeigten, dass Horizont 3a noch mindestens 45 cm unterhalb des bislang erreichten Niveaus ansteht. Darunter lagerten sandiger Schluff und eine wechselnde Abfolge aus Tonen, sandigem Schluff beziehungsweise Lehm und grobem Sand mit Feinkies. Um die Mächtigkeit des Sedimentkörpers zu erfassen, wurden im März 2011 durch das Institut für Experimentelle Geophysik der Ruhr-Universität Bochum geophysikalische Untersuchungen mithilfe von Georadar und Geoelektrik innerhalb der Höhle und auf dem Höhlenvorplatz durchgeführt (Freund 2011). Ergebnis der Untersuchung innerhalb der Höhle waren Sedimente, die nach der Analyse der geoelektrischen Widerstandsmessung eine Mächtigkeit von maximal 5 m im hinteren Bereich und ansonsten von 3 m Sediment unterhalb des Grabungsniveaus wahrscheinlich macht (Freund 2011).

Mikromorphologie

Um weitere Klarheit über Zusammensetzung und Sedimentationsbedingungen der Horizonte zu erlangen, wurden mikromorphologische Untersuchungen durch das Geographische Institut der Universität zu Köln durchgeführt. Im Inneren der Höhle wurden an dem 2011 angelegten Profil im Quadrat 7(a–c) insgesamt fünf Proben entnommen (Abb. 2). Während auf der westlichen

Seite des Profils in Quadrat 7a eine durchgehende Säule (Probe 1) von Horizont 1 (humos dunkel) bis Horizont 3c (lössartiger Lehm, hellgelb) entnommen werden konnte, musste die Probenentnahme in Quadrat 7c wegen der Anreicherung mit Steinen in drei Teile untergliedert werden. Probe 2 beinhaltet die Horizonte 1, 3a und 3c. Da die hier enthaltenen Sedimenttypen auch in den übrigen Proben erfasst wurden, konnte die Auswertung von Probe 2 zunächst außer Acht gelassen. Probe 3 umfasst ausschließlich Material von Horizont 1, während Probe 4 solches der Horizonte 1, 1a (wie 1, nur stärker verfestigt) und 3a beinhaltet. Probe 5 schließt zum

2 Blätterhöhle, West-Ost-Profil mit Probenentnahme der Mikromorphologischen Untersuchung – Umzeichnung: B. Gehlen/J. Orschiedt; Projekt Blätterhöhle.



Liegenden an und enthält Material der Horizonte 3a und 3c. Aus den Proben wurden insgesamt elf Dünnschliffe der Größe 6 x 8 cm hergestellt. Ziel der Untersuchung war es, Zusammensetzung und Struktur der Sedimente zu charakterisieren und hieraus die Prozesse der Sedimentation und der postsedimentären Veränderung abzuleiten. Damit sollte zur Klärung der Sedimentgenese beigetragen werden.

Als erstes Ergebnis lässt sich feststellen, dass die tonig-schluffigen Sedimente des Profils nach den Lagerungseigenschaften sowie dem Auftreten von Holzkohlen- und Knochenfragmenten in zwei bereits makroskopisch klar zu differenzierende Bereiche zu gliedern sind, die einerseits die Horizonte 1 bis 3a und andererseits Horizont 3c umfassen.

Der in Probe 1 im obersten Abschnitt erfasste dunkel-humose Horizont 1 beinhaltet den durchmischten neolithischen Horizont, in den neben wenigen Phosphatanreicherungen auch Holzkohlen- und Knochenfragmente gefunden wurden. Diese bioturbirte Zone der Sedimente aus den Horizonten 1 und 3a wird von einem nicht durchmischten und weitgehend „*in situ*“ erhaltenen laminierten Sediment unterlagert (Horizont 3c), das sich in vier Teile untergliedern lässt. Der zweitoberste dieser Teilhorizonte liegt etwa zwischen -193 und -205 cm (Abb. 2) und weist keine Horizontierung auf. Er ist homogen und dicht gelagert, was auf Durchmischung und spätere Rückverfestigung durch Begehung des Höhlenbodens hindeutet.

Durchmischung und Begehung während der Ablagerung der übrigen Teilhorizonte von 3c können hingegen ausgeschlossen werden, weil ihre Mikrolaminierung sehr gut erhalten sind.

In Probe 3 wurde ausschließlich der obere Abschnitt des Profils erfasst (Horizont 1). Das Sediment ist durch zahlreiche Knochen- und Holzkohlenfragmente, einige Phosphatkonkretionen sowie eine lockere Lagerung gekennzeichnet und durch Bioturbation gestört. Fragmente mikrolaminierter Sedimente zeigen, dass dieser Horizont aus ehemals feingeschichteten Sedimenten hervorgegangen ist. Ähnliche Eigenschaften weisen die in Probe 4 und im oberen Bereich von Probe 5 enthaltenen Mischsedimente der Horizonte 1/1b, 3b und 3a auf. Es handelt sich hierbei ebenfalls um stark durchmischte, gestörte, locker gelagerte, tonig-schluffige Sedimente, die wenig Feinkiese und Fragmente mikrolaminierter Sedimente enthalten.

Es liegen zahlreiche Holzkohlen und Knochenbruchstücke sowie Phosphatkonkretionen vor. Zudem lassen sich Eisenhydroxid- und Manganoxid-Ausfällungen erkennen. Der Horizont 3a zeigt eine deutlich dichtere Lagerung als die darüber folgenden Horizonte. Eine Rückverdichtung des bioturbat gelockerten Sediments durch Begehung könnte diesen Unterschied erklären. Im unteren Teil der Probe 5 sind schließlich „*in situ*“ erhaltene mikrolaminierte Sedimente von Horizont 3c enthalten.

Die bisherigen Beobachtungen zeigen, dass die erhaltenen mikrolaminierten Sedimente von Horizont 3c subaquatisch in der Höhle abgelagert wurden. Bioturbation hat dann örtlich zur Lockerung des Sediments und zur Vermischung mit anthropogen und zoogen eingetragenen Bestandteilen geführt. Das durchmischte Sediment wurde stellenweise durch Begehung rückverfestigt. Nach Beprobungen weiterer Profile im September 2017 sind derzeit mikromorphologische Untersuchungen in Bearbeitung, die einen neuentdeckten Bereich in dem im bislang nördlichsten Profil aufgeschlossenen Horizont 3a und unterlagernde Sedimente umfassen.

Die Funde der Höhlengrabung

Die Grabungen in der Höhle erbrachten neben Steinartefakten, benutzten Flussgeröllen, Holzkohlen und Tierknochen weitere herausragende Funde. Vor und während der archäologischen Geländearbeiten wurden zunächst einige der nicht stratifiziert geborgenen menschlichen Skelettreste ¹⁴C-datiert. Dabei kristallisierten sich zwei Zeithorizonte als Hauptbegehungphasen der Höhle heraus: ein frühmesolithischer Horizont mit Daten des 9. Jahrtausends v. Chr. und ein jung- bis spätneolithischer mit Daten des 4. Jahrtausends v. Chr. (Tab.)

Die mesolithischen Menschenreste aus der Blätterhöhle datieren in einen Zeitraum zwischen 9.700 ± 30 BP (KIA-45012), was kalibriert 9.210 ± 29 cal BC (2 Sigma, CalPal 2007) entspricht, und 9.390 ± 35 BP (KIA-24689), was kalibriert 8.677 ± 43 cal BC (2 Sigma, CalPal 2007) entspricht.

Bis heute wurden in der Höhle aus dem mesolithischen Sediment mindestens vier Individuen identifiziert, zwei Kinder zwischen 3 und 5 beziehungsweise 8 und 10 Jahren sowie zwei Erwachsene zwischen 20 und 40 Jahren. Ein weiteres,

frühmesolithisch datiertes Individuum unbestimmten Geschlechts in einem Alter zwischen 30 und 50 Jahren ist durch ein Schädelfragment repräsentiert, das auf dem Höhlenvorplatz im Bereich einer Störung entdeckt wurde. Die tatsächliche Anzahl der frühmesolithischen Individuen dürfte jedoch höher sein. Die Skelettreste sind fragmentarisch, aber in der Knochensubstanz sehr gut erhalten und weisen postmortale Beschädigungen auf. In einem Fall ließ sich Tierfraß durch Karnivoren nachweisen (Orschiedt et al. 2012). Weiterhin wurden drei Oberschädel vom Wildschwein geborgen. Die Fundposition in unmittelbarer Umgebung von ca. 50 cm um den frühmesolithischen Schädel und weitere menschliche Reste dieser Zeitstellung herum lässt auf eine intentionelle Deponierung schließen. Die ^{14}C -Datierungen der Wildschweinschädel erbrachten ebenfalls frühmesolithische Daten (Orschiedt et al. 2012). Dem Befund kommt eine besondere Bedeutung zu, da menschliche Reste aus dem Frühmesolithikum in Europa nur selten dokumentiert sind (Orschiedt 2016) und eine Assoziierung mit Wildschweinschädeln bislang noch nicht belegt werden konnte.

Weitere ^{14}C -Daten deuten auf die Niederlegung von menschlichen Körpern während des 4. Jahrtausends v. Chr. zwischen 3.900 und 2.900 cal BC im Höhleninneren hin. Bislang konnten aus dem neolithischen Sediment sechs Individuen identifiziert werden. Im Einzelnen handelt es sich um vier Erwachsene zwischen 20 und 50 Jahren, jeweils zwei Frauen und zwei Männer. Weiterhin konnten ein jugendliches Individuum im Alter zwischen 17 und 20 Jahren, vermutlich weiblichen Geschlechts, sowie ein Kind zwischen 5 und 6 Jahren identifiziert werden. Es ist jedoch zu vermuten, dass die tatsächliche Anzahl von Personen höher liegt.

Insgesamt wurden bei Grabungen zwischen 2004 und 2016 insgesamt über 400 menschliche Skelettelemente entdeckt. Im Höhleneingang konnten weitere Reste geborgen werden. Deren ^{14}C -Datierungen fallen ebenso in das 4. Jahrtausend BC. Weder im Eingangsbereich noch innerhalb der Höhle lagen anatomische Zusammenhänge vor. Die Skelettreste sind jedoch trotz ihres teilweise fragmentierten Zustandes qualitativ sehr gut erhalten. Einige Knochen lassen postmortale Bruchmuster erkennen, menschliche Einwirkungen sind nicht nachzuweisen.

Die neolithischen Reste waren stratigraphisch klar von den mesolithischen Skelettresten getrennt.

Alle als neolithisch datierten Menschenreste lagen innerhalb von Sediment 1, einem sehr lockeren, humosen, dunkelbraun bis gräulichen Sediment, das den Deckhorizont innerhalb der Höhle bildet, während die mesolithischen Menschenreste sich darunter in Sediment 3a fanden.

Neben der ^{14}C -Datierung wurden an den beprobten Skelettelementen weitere naturwissenschaftliche Analysen durchgeführt. Die aDNA-Analysen ergaben, dass alle mesolithisch datierten Menschenreste zur mitochondrialen Haplogruppe U gehören, die typischerweise bei europäischen Jäger-Sammlerpopulationen des Paläolithikums und Mesolithikums auftritt. Bei den neolithischen Menschenresten ließen sich dagegen die Haplogruppen U, H und andere nachweisen. Zusätzlich wurden auch stabile Isotope ($^{13}\text{C}/^{15}\text{N}/^{34}\text{S}$) untersucht, um Aussagen zur Ernährung treffen zu können. Die Ergebnisse lassen drei unterschiedliche Gruppen erkennen, die sich voneinander unterscheiden. Eine terrestrische Ernährung war sowohl bei der mesolithischen als auch bei einer neolithischen Gruppe nachweisbar. Dagegen ließ eine der beiden neolithischen Gruppen eine für diese Zeitstellung ungewöhnliche und abweichende Ernährung basierend auf Süßwasserfisch erkennen. Die Angehörigen dieser Gruppe wiesen alle Haplogruppe U5 auf. Anhand dieses Ergebnisses kann eine „nicht-neolithische“ Lebensweise im 4. Jahrtausend v. Chr. belegt werden (Bollongino et al. 2013; Orschiedt et al. 2014).

Aus dem Höhleninneren liegen ca. 250 Silexartefakte vor. Fast alle Steinartefakte sind typochronologisch dem Früh- bis Spätmesolithikum und wenige dem Spätpaläolithikum zuzurechnen. Der Bestand an Geräten ist vor allem durch Mikrolithen und lateralretuschierte Artefakte charakterisiert. Das Spektrum der Grundformen besteht neben Absplissen und Abschlügen vor allem aus Klingen, Lamellen und einigen Kernen. Trotz zum Teil starker Patinierung lässt sich das verwendete Rohmaterial zum überwiegenden Teil als baltischer Feuerstein ansprechen. Einige wenige Stücke wurden aus westeuropäischem Feuerstein, Kieselschiefer und Tertiärquarzit hergestellt.

Bereits zu Beginn der Grabungen wurde sowohl auf dem Höhlenvorplatz als auch in der Höhle selber das Auftreten von ortsfremden Geröllen und anderem Felsgestein wie Sandsteine dokumentiert. Bislang liegen aus der Höhle 110 Gerölle und Geröllfragmente vor. Dabei ist auf-

fällig, dass dies in der Regel flache Stücke sind, deren Maße zumeist zwischen 5–15 cm Länge, 3–8 cm Breite und 1–3 cm Dicke betragen. Bei allen wesentlichen Vergleichen sind die Anteile von Rohmaterial, Formenspektrum und Gebrauchsspuren bei den Stücken aus dem Höhlenraum und vom Vorplatz sehr ähnlich. Da aufgrund der Enge des Höhlenraumes nicht davon auszugehen ist, dass eine Nutzung der Geräte vor Ort erfolgte, muss derzeit davon ausgegangen werden, dass die Gerölle und anderen ortsfremden Gesteine ebenso wie die Silexartefakte als Abfall in den Höhleninnenraum gelangten. Bis auf acht Artefakte, von denen zwei als Geröllgeräte sowie eines als Retuscheur und fünf weitere als Schlagsteine anzusprechen sind, handelt es sich bei den Felsgesteinen überwiegend um Arbeitsunterlagen. Auf eine Nutzung der Gerölle weisen die Gebrauchsspuren hin, die oft als flächig auftretende Politur erkennbar sind. Diese Spuren sind bislang nicht systematisch untersucht worden. Zudem ist über die Hälfte der Stücke fragmentiert, einige weisen Feuerbrüche und Narbenfelder auf. Als Rohmaterialien treten Grauwacken in den Farbvarianten grau, graurot, graugrün bis grün und beige am häufigsten auf. Daneben liegen auch Stücke aus Quarzit und Sandstein vor. Vor allem die Grauwacken, die zum größten Teil als plattige, flache Gerölle vorliegen, wurden gezielt aus Flussschottern ausgelesen. Dabei dürften sie im Wesentlichen aus der knapp 500 m entfernten Lenne stammen. Das Vorkommen solcher flachen Gerölle an der Lenne konnte durch Geländebegehungen verifiziert werden.

¹⁴C-Datierungen

Die ersten Datierungen an menschlichen Skelettresten wurden anhand der Funde aus der Bergung des Arbeitskreises Kluterhöhle e.V. aus dem Jahre 2004 gewonnen (Tab.). Diese Daten wurden zwischen 2004 und 2011 am Leibniz-Labor für Altersbestimmung und Isotopenforschung der Christian-Albrechts-Universität Kiel gemessen. Kontrollmessungen an einigen Proben wurden am *Research Laboratory for Archaeology and the History of Art* Oxford durchgeführt. Diese Skelettreste wurden 2004 undokumentiert aus den oberen Horizonten der Höhlenablagerungen geborgen. Aufgrund ihrer hervorragenden Erhaltung konnten sie ebenso wie die später

unter sterilen Bedingungen geborgenen Funde für die Analyse der C-N-Isotopie zur Ernährungsrekonstruktion und für a-DNA-Analysen beprobt werden. Frühere Datierungen ließen bereits vermuten, dass diese Stücke aufgrund ihrer Position im oberen Bereich der Höhlenverfüllung eine neolithische Datierung besitzen. Diese Vermutung wurde zweifelsfrei bestätigt, alle Daten liegen im Jung- beziehungsweise im Spätneolithikum (KIA-45005).

Ein weiteres Datum (KIA-45012) stammte aus der Höhlengrabung 2008 und wurde aufgrund seiner stratigraphischen Position zur Datierung ausgewählt. Dieses Schädelfragment stammt vom tiefsten Planum der damals erreichten Grabungsfläche. Das Stück ergab eine Datierung (nach CalPal) von 9.210 ± 29 cal BC (KIA-45012) und gehört damit zu den ältesten postglazialen Menschenresten in Europa.

Im Oktober 2011 wurden unmittelbar nach Abschluss der Grabungen auf dem Vorplatz der Blätterhöhle vier Proben zur Datierung an das *Institut for Fysik og Astronomi, AMS ¹⁴C-Dating Centre* der Universität Aarhus, Dänemark, gesandt. Diese Menschen- und Tierknochen wurden bei der Freilegung des Eingangsbereiches in einer Störungszone entdeckt. Sie wurden mit jeweils einem anatomisch bestimmten Stück datiert (Tab.). Dabei ergab sich bei dem menschlichen Fragment eines Unterschenkels ein spätneolithisches Datum (AAR-15715). Zusammen mit weiteren Funden menschlicher Reste deutet sich hier eine Konzentration im Eingangsbereich an. Es dürfte sich hierbei um menschliche Reste handeln, die durch Bioturbation verschleppt wurden. Derzeit sind weitere Daten aus dem unteren Horizont (Sediment 3a) in Vorbereitung.

Die Fundverteilungen in der Höhle

Die Einzeleinmessung von Artefakten, Holzkohlen, Knochenfragmenten und sonstiger Funde bietet die Möglichkeit, die dreidimensionale Struktur der Fundverteilung innerhalb der Höhle erstmals mit einer relativ neuen Methode zu analysieren. Ziel war es, latente Befunde und räumliche Trends innerhalb des Sedimentkörpers herauszustellen. Die Methode wird als „Kerndichteschätzung“ (KDE – „kernel density estimation“) bezeichnet (Bowman/Azzalini 1997). Die vorliegende Untersuchung wurde bewusst als Pilot- und Blindstudie angelegt, die aus-

schließlich auf den einzeln eingemessenen Funden und dem Quadratmetersystem beruht. Beobachtungen über Horizontverläufe oder Fundkonzentrationen wurden zunächst nicht berücksichtigt.

Bei der Kerndichteschätzung handelt es sich um ein Verfahren, das die Dichte der Punkte in einem Merkmalsraum, also die Angabe „Punkte pro Raumeinheit“, als Zahlenwert schätzt und diese Zahlenwerte als Eigenschaft von Voxeln visualisierbar macht. Voxel sind als kleinste dreidimensionale Volumeneinheiten das 3D-Äquivalent von Pixeln in Digitalgrafiken. Im vorliegenden Fall wurde anhand der als punktförmig aufgefassten Positionen der Funde ihre Dichte im dreidimensionalen Raum der Höhle als Raumeigenschaft des Sedimentkörpers geschätzt.

Da der Einsatz dieser Methode für Punkte in einem dreidimensionalen Raum in der Archäologie noch weitgehend unbekannt ist, sei zum Verständnis ihrer Ergebnisse hier anhand einer Metapher auf ihre Funktionsweise eingegangen. Die Darstellung der Verteilung von Messwerten eines metrischen Merkmals entlang eines Zahlenstrahls wird häufig als Histogramm dargestellt: Der Zahlenstrahl wird in gleiche Abschnitte unterteilt und über jedem Abschnitt eine Säule errichtet, deren Höhe der Anzahl der Messwerte in diesem Wertebereich entspricht. Es ergibt sich eine Darstellung, die anhand der Abfolge der Säulenhöhen die Häufigkeitsverteilung der Messwerte auf einen Blick erfassbar macht. Die Wahl der Säulenbreite stellt dabei immer ein heuristisches Problem dar, welches den visuellen Eindruck determiniert. Nun kann man anstatt der Säulenstufenabfolge auch versuchen, die Säulen durch einen stufenlosen, geglätteten Linienzug zu ersetzen. Die Höhe der Linie über dem Zahlenstrahl steht dabei wie die Säulenhöhe beim Histogramm für die Häufigkeit, bzw. Dichte, der Punkte entlang des Zahlenstrahls. Dafür wird der Zahlenstrahl wiederum in Abschnitte, quasi in Fenster, unterteilt, die Anzahl der Punkte in diesem Fenster wird ausgezählt und das Ergebnis als Wert der Position des Fenstermittelpunktes zugewiesen. Dann verschiebt man das Fenster nur um einen sehr kleinen Wert entlang des Strahls und zählt erneut aus. Damit aber die einzelnen Punkte nicht mehrfach gezählt werden, gewichtet man sie: Sie gehen nicht mit dem Anzahlwert Eins ein, sondern mit einem Anzahlwert kleiner Eins. Die Punkte im mittleren Fensterteil erhal-

ten dabei einen höheren Wert, zum Rand des Fensters hin werden diese Werte immer kleiner. Diese Gewichtungsfunktion ist die sogenannte Kernfunktion, für die es mehrere mathematische Lösungen gibt, etwa eine Gewichtung in Form einer Gauß'schen Normalverteilung. Für das Ergebnis ist die Art der Funktion kaum von Belang (Bowman/Azzalini 1997, 3), solange die Gewichtungsfunktion einen glatten Kurvenverlauf aufweist. Die Breite des Fensters, die sogenannte Bandbreite, ist dagegen von entscheidender Bedeutung, denn sie bestimmt, wie stark geglättet wird. Beim Histogrammbeispiel bedeutet dies: Wenn eine Verteilung mit mehreren Gipfeln, also mehreren stärker besetzten Wertebereichen, vorliegt, erzeugt eine zu große Bandbreite eine eingipflige Schätzung, eine zu kleine Bandbreite führt dagegen zu einem zu stark oszillierenden Verlauf der Schätzkurve. Letztere ergibt also eine Verteilungsdarstellung, welche von wahrscheinlich unwichtigen kleineren Messwertunterschieden, sprich Rauschen, beeinträchtigt wird und deshalb ebenso wie eine zu große Bandbreite nicht den allgemeinen Verteilungstrend herausstellt. Die Bandbreite wird deshalb üblicherweise mit komplexeren mathematischen Verfahren geschätzt. Für die 3D-Anwendung kam eine sogenannte Plug-in-Optimierung zum Einsatz (Duong 2007). Für mathematische Details zu diesem Aspekt sei auf weiterführende Literatur verwiesen (Heidenreich et al. 2013).

Das KDE-Prinzip lässt sich problemlos auf mehr als eine Dimension erweitern, etwa auf den zweidimensionalen Kartenraum, und ist mittlerweile in vielen GIS-Programmen als Analyse-Modul enthalten. In Deutschland wurde diese GIS-basierte KDE-Anwendung für die Archäologie durch die Arbeiten von Irmela Herzog bekannt gemacht (Herzog 2007; 2009). Die Erweiterung des Prinzips in 2D ist konsequent: Anstatt eines Fensters wandert nun ein kreisförmiger Ausschnitt in kleinsten Schritten über die Kartenfläche, und wiederum wird die Anzahl der Punkte pro Fenster gewichtet ausgezählt und das Ergebnis an der jeweiligen Mittelpunktposition des Fensters als Dichte-Eigenschaft der Fläche an dieser Stelle vermerkt. Das Ergebnis ist eine Rasterkarte, deren Pixelwerte die Dichteinformation enthalten. Bisherige archäologische GIS-Anwendungen kranken allerdings oftmals an einer willkürlich und subjektiv gesetzten Bandbreitenwahl, was die Analyse von einer

reproduzierbaren Methode in eine willkürliche Visualisierung verwandelt. Glücklicherweise stehen aber schon seit längerem Bandbreitenschätzer für zwei und mehr Dimensionen zur Verfügung (Duong 2004), die erst jüngst um sehr effektive Verfahren für kartographische 2D-Auswertungen erweitert wurden (Baddeley et al. 2015, 171). Speziell in 3D erlaubt es der von Tarn Duong entwickelte Bandbreitenschätzer, Richtungstrends in die Bandbreite zu integrieren und so Dichtetrends besser herauszustellen als bei herkömmlichen Verfahren.

Wie aber funktioniert das Verfahren bei Punkten, die mit ihrer X-, Y- und Z-Koordinate erfasst wurden – also in 3D –, etwa bei Funden in einem Sedimentkörper? Diesmal wird einfach ein Würfel durch den dreidimensionalen Raum verschoben, wiederum an sehr vielen Positionen eine gewichtete Dichteschätzung erzeugt und dem Mittelpunkt-Voxel des Würfels als Dichtewert zugewiesen. Zuvor wurde auf Grundlage der vorliegenden Daten eine Bandbreite geschätzt. Diese ist im 3D-Fall keine einfache Zahl mehr, sondern eine 3x3-Felder-Zahlentabelle.

Um die Raumeigenschaft „Dichte“ darzustellen, wird der Raum mit unterschiedlicher Durchsichtigkeit gezeigt. Man stelle sich statt des Punktes in 3D einen Wassertropfen vor: Dieser wird ausgehend von seiner Position nach außen hin in immer feinere Tröpfchen zerstäubt. So wie bei einer Wolke am Himmel ist der Raum, in dem viele Tröpfchen dicht beieinander schweben, weniger durchsichtig als der, in dem wenige vor-

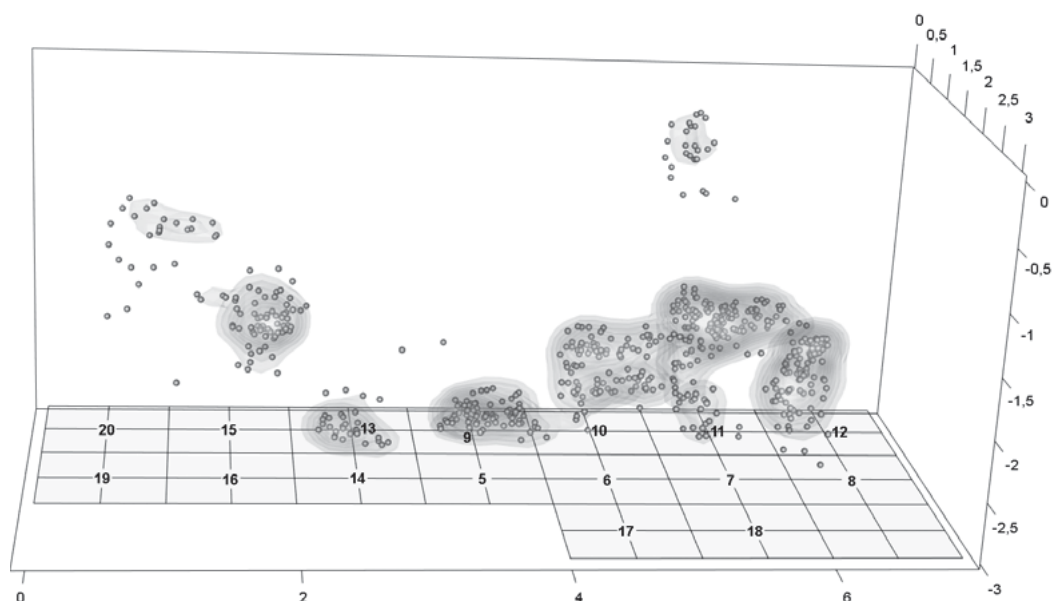
handen sind. Und so lassen sich dreidimensionale Dichteverteilungen einfach als mehr oder weniger durchsichtige Wolken darstellen. Diese Wolkenformen visualisieren nun die Funddichte in 3D und erlauben es, latente Strukturen der Fundverteilung zu interpretieren. So lassen sich latente Befunde erkennen und mit stratigraphischen Beobachtungen verbinden.

Dichtetrends, also die Konzentration von Funden, sind das Ergebnis natürlicher wie anthropogener Prozesse. Das Ergebnis Letzterer wird in Abgrenzung zu bei der Ausgrabung beobachtbaren Befunden auch als „latente Strukturen“ bezeichnet. Sie lassen ebenso wie evidente Strukturen Rückschlüsse auf menschliche Aktivitäten oder taphonomische Prozesse zu (Cziesla 1990). Die 3D-Dichteschätzung kann nun solche latente Strukturen in 3D identifizieren und darstellen. Gerade im Fall etwa leicht verlagerteter Funde ist die glättende Wirkung des Schätzers ein effektives Hilfsmittel, um objektiv die mit Punktkartierungen nur schwer bestimmbar Zentren von Fundkonzentrationen herauszustellen.

Die Kerndichte-Analyse erfolgte mit dem Erweiterungspaket „ks“ (Duong 2016) für die freie Open-source Statistik-Programmiersprache „R“ (R Core Team 2016). Für die Visualisierung fand das Erweiterungspaket „rgl“ (Adler et al. 2015) Verwendung.

Zunächst sei die Gesamtverteilung aller dreidimensional eingemessenen 599 Objekte (besonders Silices, Knochen, Holzkohlen und Gerölle) vorgestellt (Abb. 3). Deutlich zeichnen sich

3 Blätterhöhle, 3D-Kerndichteschätzung aller einzeln eingemessenen Funde. Seitlich schräge Ansicht auf die Grabungsfläche mit Blick von Ost. – Grafik: G. Roth.

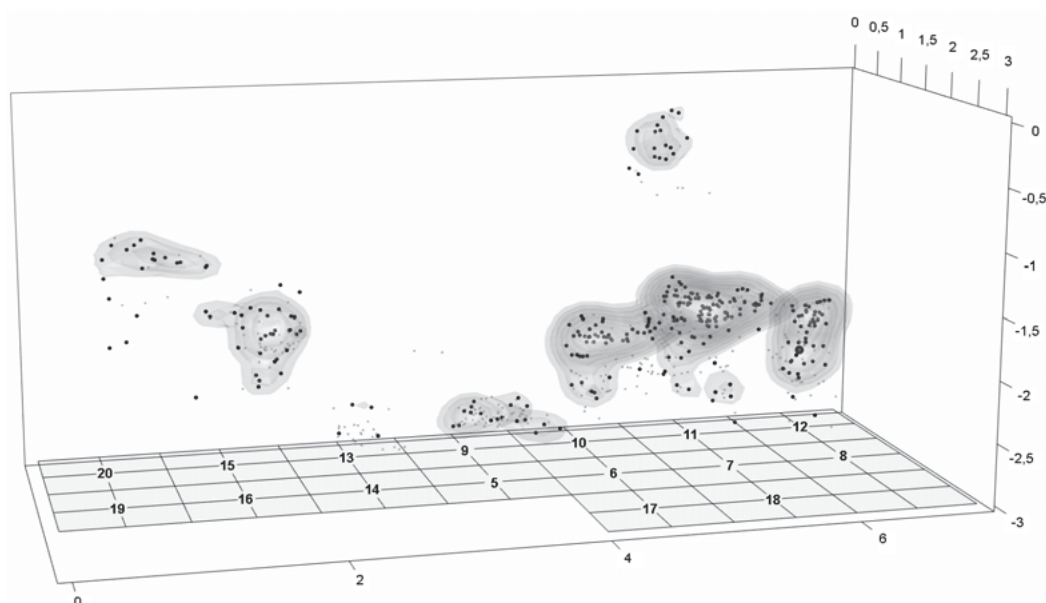


sieben kleinere und eine komplexer geformte Fundkonzentration ab. Bevor diese besprochen werden, sei angemerkt, dass die Interpretation der komplizierten Anordnung sich teils verdeckender Volumenkörper in der Software anhand einer beweglichen 3D-Animation vorgenommen wurde – in der hier möglichen zweidimensionalen Abbildungsebene eines Bildes werden immer einige Bereiche der 3D-Volumenkörper verdeckt.

Zunächst ist die 2004 vorgenommene Ausräumung der oberen Horizonte durch die Speläologen im Quadratmeter 5 dadurch zu erkennen, dass ein Bereich größerer Funddichte, weiter unten als „komplexe Fundkonzentration“ bezeichnet, zwischen Quadratmeter 5 und 6 an seiner Südgrenze in Tiefen bis unter 2 m förmlich abgeschnitten erscheint. Hier hat die Ausräumung eine Konzentration gekappt.

Die kleinste der abgrenzbaren Einzel-Konzentrationen links über Quadratmeter 15 und 20 zeichnet in einer Tiefe zwischen 1 und 1,5 m das Einfallen der Horizonte zum Höhleninneren nach. Die nächste Konzentration über Quadratmeter 16 ist eine in 3D grob kugelförmige Fundanreicherung, was auf leichte Verschleppungen in der Vertikalen hinweist. Die Konzentration über Quadratmeter 14 ist eine leicht flachgedrückte Rundform. Sie befindet sich etwa 50 cm unterhalb der oben erwähnten Wildschweinschädel (Planum -185 cm), wobei ihre Grenzen nach West und Süd genau unterhalb dieser Schädel verlaufen. Ihre in der dritten Dimension flache Form weist auf eine annähernd

„in situ“ befindliche Konzentration auf einer ehemaligen Oberfläche hin. Die Konzentration über Quadratmeter 5 ist wiederum eine flachgedrückte, subrechteckige Form, die bei etwa 20 cm Mächtigkeit mit der Blickrichtung leicht nach West einfällt. Dies spricht ebenfalls für eine Konzentration auf einer ehemaligen, diesmal leicht geneigten Oberfläche. Über den Quadratmetern 6, 7 und in Teilen 11 schließt sich nördlich eine komplexe Volumenform an: Ihr südlicher Bereich weist bei Tiefen von -1,7 m und -2,1 m erkennbar zwei Ebenen größerer Dichte auf, was als schwacher Hinweis auf zwei vertikal benachbarte Horizonte gedeutet werden könnte, die nur schwacher vertikaler Verlagerung unterlagen. Der vordere Teil des komplexen Volumenkörpers ist in der Vertikalen nach oben bei -1,6 m fast eben begrenzt, ihr hinterer Teil ist ebenfalls deutlich plan, aber leicht nach Nord hin einfallend, begrenzt. Bei diesen plan Begrenzungen handelt es sich ohne Zweifel um das Ergebnis der Sedimententnahme durch die Speläologen. Bei diesem hinteren Part ist über der Südwestecke von Quadratmeter 7 ein etwa 0,4 m schräg nach Südsüdost und unten ziehender Fortsatz zu erkennen, der vermutlich einen Tiergang nachzeichnet. Über der Nordwestecke von Quadratmeter 18 befindet sich eine birnenförmige Konzentration mit einer deutlichen senkrechten Längsachse, was auf eine stärker wirkungsvolle senkrechte Fundverschleppung hinweist. Gleiches gilt für die kleine Konzentration über Quadratmeter 17/18. Zwei weitere kleine Konzentrationen über Quadratmeter 11 (im



4 Blätterhöhle, 3D-Kern-dichtenschätzung aller einzeln eingemessenen Holzkohlen. Seitlich schräge Ansicht auf die Grabungsfläche mit Blick von Ost. – Grafik: G. Roth.

Bild rechts oben) und 6/10 (im Bild verdeckt) weisen keine deutbaren Trends auf.

Die 3D-KDE der 226 Holzkohlen hat aufgrund ihres zahlenmäßigen Anteils erwartungsgemäß große Ähnlichkeit mit der Gesamtverteilung (Abb. 4). Betrachtet man allerdings nur die Holzkohlen, zerfällt der große, komplexere Volumenkörper im nördlichen Grabungsbereich in drei Substrukturen. Eine davon – im Quadratmeter 10 – ist von der davor liegenden in Quadratmeter 6 verdeckt. Beide sind jedoch flache Formen und nach Westen geneigt, was wiederum auf nur schwache vertikale Turbation hinweist. Beim hinteren Teil der vormals zusammenhängenden komplexen Struktur erkennt man jetzt noch deutlicher den steil nach Südsüdost und unten ziehenden Fortsatz, der für eine Verlagerung von Funden entlang etwa eines Tiergangs spricht. Die beiden Holzkohlen-Konzentrationen über Quadratmeter 5 und 14 sind nun deutlich flachgedrückt und stellen somit kaum vertikal verlagerte rundliche Konzentrationen in einem Fundhorizont mit einer Mächtigkeit von etwa 0,2 m dar.

Erwartungsgemäß reproduziert auch die 3D-KDE der 309 Knochenfunde zum Teil die Struktur der Gesamtverteilung (Abb. 5). Auffällig ist hier jedoch, dass die Konzentration über Quadratmeter 14 fehlt, also kaum Knochenfunde enthielt.

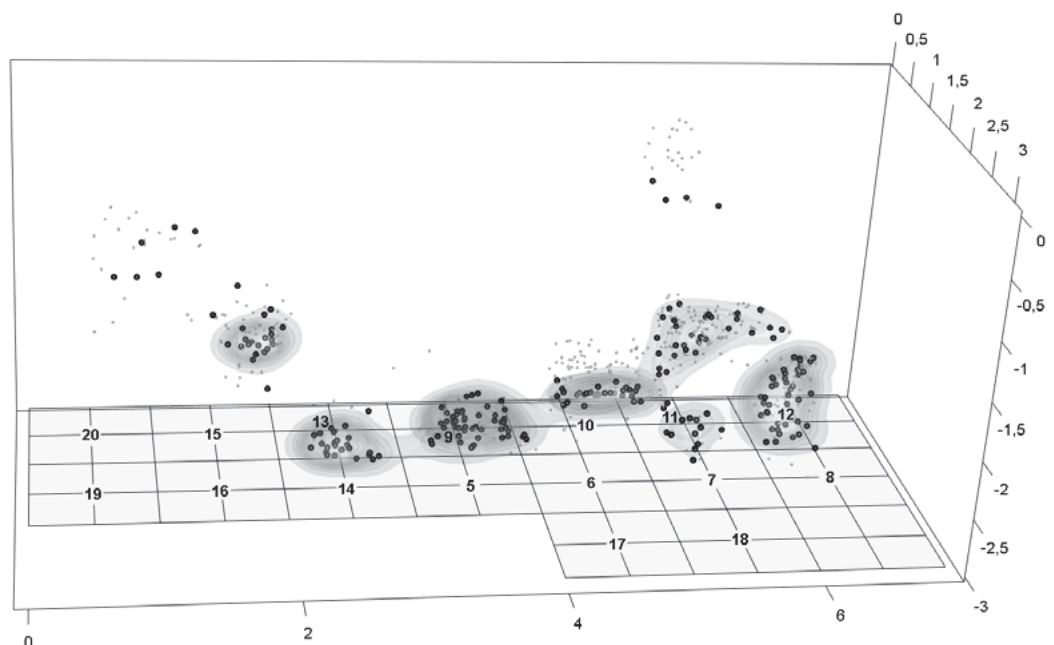
Allgemein weist das Ergebnis der 3D-Analyse in die gleiche Richtung wie die Mikromorphologie: Es liegen vereinzelt Phänomene (vermutlich

Bioturbationen) vor, die ursprünglich wahrscheinlich horizontal wie vertikal sehr klar begrenzte Fundkonzentrationen teilweise etwas verschleppt haben. Im hinteren Bereich der Höhle ist dies stärker ausgeprägt als im vorderen. Dort scheinen bei zwei Konzentrationen Verschleppungen in der Vertikalen bis über 0,5 m Distanz vorzuliegen (Quadratmeter 18). Im vorderen Teil sind dagegen zwei deutlich abgrenzbare Konzentrationen erkennbar – über Quadratmeter 14 und 5 –, die zudem als horizontal flach eingeregelt Volumenkörper quasi stratigraphisch ansprechbar sind. Die beiden südlichsten Konzentrationen in Richtung des Eingangs mit ihren ca. 20° zum Höhleninnenraum geneigten Längsachsen weisen auf ein gleichartiges Schichteinfallen beim Niveau -1,5 m hin.

Ausblick

Die im Zuge der archäologischen Ausgrabung dokumentierten Horizonte und Befunde der Blätterhöhle erbrachten zusammen mit der mikromorphologischen Untersuchung der Sedimente, den ¹⁴C-Datierungen und der 3D-Funddichteschätzung ein komplexes Bild der Sedimentationsgeschichte. Trotz einer starken Bioturbation vor allem des oberen neolithischen Horizontes liegen in den tieferen, mesolithischen Bereichen Hinweise auf intakte Fundsituationen vor. Weitere Grabungen in der Höhle haben nicht nur das Ziel, die Grabungs-

5 Blätterhöhle, 3D-Kern-dichtenschätzung aller einzeln eingemessenen Knochenfunde. Seitlich schräge Ansicht auf die Grabungsfläche mit Blick von Ost. – Grafik: G. Roth.



fläche in das Höhleninnere zu erweitern, sondern sie sollen auch die tieferen Horizonte erschließen. Der geophysikalische Nachweis von mindestens 2 m Sediment unterhalb des derzeitigen Grabungsniveaus lässt die Möglichkeit offen, dass wie auf dem Höhlenvorplatz auch im Inneren der Blätterhöhle ein spätpaläolithischer Horizont erreicht werden könnte.

Literatur

- Adler et al. 2015.** D. Adler/D. Murdoch et al., rgl: 3D Visualization Using OpenGL. R package version 0.95.1367. <https://CRAN.R-project.org/package=rgl> (2015). (Zugriff 4.7.2018).
- Baddeley et al. 2015.** A. Baddeley/E. Rubak/R. Turner, Spatial Point Patterns: Methodology and Applications with R. Chapman & Hall/CRC Interdisciplinary Statistics (Abingdon 2015).
- Bollongino et al. 2013.** R. Bollongino/O. Nehlich/M. P. Richards/J. Orschiedt/M. G. Thomas/C. Sell/Z. Fajkošová/A. Powell/J. Burger, 2000 years of parallel societies in Europe. *Science* 342, 2013, 479–481.
- Bowman/Azzalini 1997.** A. Bowman/A. Azzalini, Applied smoothing Techniques for Data Analysis. The Kernel Approach with S-Plus Illustrations (Oxford 1997).
- Cziesla 1990.** E. Cziesla, Siedlungsdynamik auf steinzeitlichen Fundplätzen. Methodische Aspekte zur Analyse latenter Strukturen. *Studies in Modern Archaeology* 2 (Bonn 1990).
- Duong 2004.** T. Duong, Bandwidth Matrices for Multivariate Kernel Density Estimation. PhD-Thesis, University of Western Australia (Perth 2004).
- Duong 2007.** T. Duong, ks: Kernel Density Estimation and Kernel Discriminant Analysis for multivariate Data in R. *Journal of Statistical Software* 21(7), 2007, 1–16.
- Duong 2016.** T. Duong, ks: Kernel Smoothing. R package version 1.10.3. <https://CRAN.R-project.org/package=ks> (2016). (Zugriff 4.7.2018).
- Freund 2011.** K. Freund, Inversion and strategies for the use of induced polarization in field measurements (Masterarbeit, Ruhr-Universität Bochum 2011).
- Heidenreich et al. 2013.** N.-B. Heidenreich/A. Schindler/S. Sperlich, Bandwidth selection for kernel density estimation: A review of fully automatic selectors. *Advances in Statistical Analysis – A Journal of the German Statistical Society* 97, 2013, 403–433.
- Herzog 2007.** I. Herzog, Testing GIS Methods by Means of Simulation. Detecting and Describing Find Spot Densities. In: *Stadtarchäologie Wien* (Hrsg.) *Archäologie und Computer 2006 – Workshop 11: Kulturelles Erbe und Neue Technologien*, Wien 2006. *Kulturelles Erbe und Neue Technologien* (Wien 2007) [PDF-CD-ROM].
- Herzog 2009.** I. Herzog, Analyse von Siedlungs-territorien auf der Basis mathematischer Modelle. In: D. Krause/O. Nakoinz (Hrsg.) *Kulturraum und Territorialität. Archäologische Theorien, Methoden und Fallbeispiele. Kolloquium des DFG-SPP 1171. Internationale Archäologie* 13 (Rahden/Westfalen 2009) 71–86.
- Heuschen et al. 2017.** W. Heuschen/M. Baales/J. Orschiedt, Nach 10 Jahren Forschung ist die Eiszeit erreicht – die archäologischen Untersuchungen vor und in der Blätterhöhle 2016. *Archäologie in Westfalen-Lippe* 2016 (2017) 29–32.
- Orschiedt 2016.** J. Orschiedt, Bodies, bits and pieces II: The Late Palaeolithic and Early Mesolithic burial practices in Europe. In: J. Grünberg/B. Gramsch/L. Larsson/J. Orschiedt/H. Meller (Hrsg.) *Mesolithic burials – Rites, symbols and social organisation of early postglacial communities. International conference Halle (Saale) 2013. Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle 13/II* (Halle 2016) 809–825.
- Orschiedt et al. 2008.** J. Orschiedt/J. Kegler/B. Gehlen/W. Schön/F. Gröning, Die Blätterhöhle in Hagen (Westfalen). Vorbericht über die ersten archäologischen Untersuchungen. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 38, 2008, 13–32.
- Orschiedt et al. 2012.** J. Orschiedt/B. Gehlen/W. Schön/F. Gröning, The Neolithic and Mesolithic cave site Blätterhöhle at Hagen, Germany. *Notae Praehistoricae* 32, 2012, 73–88.
- Orschiedt et al. 2014.** J. Orschiedt/R. Bollongino/O. Nehlich/F. Gröning/J. Burger, Parallelschichten? Paläogenetik und stabile Isotopen an mesolithischen und neolithischen Menschresten aus der Blätterhöhle. *Archäologische Informationen* 37, 2014, 23–31.
- R Core Team 2016.** R Core Team, R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> (Wien 2016). (Zugriff 4.7.2018).
- Wrede 1996.** V. Wrede, Fremde Welten unter unseren Füßen. Was sind Höhlen. In: W. Rosendahl/E.-B. Krause (Hrsg.) *Im Reich der Dunkelheit. Höhlen und Höhlenforschung in Deutschland* (Gelsenkirchen 1996) 10–14.