

ARCHÄOLOGISCHE METHODIK IN CARNUNTUM

Eine Standortbestimmung

Christian Gugl – Silvia Radbauer – Mario Wallner

DOI: <https://doi.org/10.31577/szausav.2025.suppl.3.22>

Keywords: Carnuntum, Pannonia, geophysical prospection, methodology, digital humanities

Abstract: **Archaeological methodology in Carnuntum. An assessment of the situation.** Over the past two to three decades, archaeological research in Carnuntum has undergone significant transformation, driven primarily by technological innovations. Around 2000, archaeological prospection emerged as a pivotal methodology in urban archaeological studies at Carnuntum. Concurrently, digitization advanced rapidly across numerous archaeological disciplines. These developments extended far beyond Carnuntum, profoundly impacting urban archaeology and fundamentally transforming scientific approaches to ancient settlement studies. The authors have witnessed this dynamic and challenging period of change, from university archaeological training without computers to today's digitally-enhanced field practices. Carnuntum has consistently served as a proving ground for technological innovation, and this paper aims to characterize current archaeological methodologies to better understand and appreciate the transformations of the past five decades.

EINLEITUNG

In den letzten zwei bis drei Jahrzehnten hat die archäologische Forschung in Carnuntum eine Reihe von grundlegenden Änderungen erfahren, die in erster Linie auf einige technische Innovationen zurückzuführen sind. Spätestens um das Jahr 2000 konnte sich die archäologische Prospektion als eine neue wichtige Methode in der archäologischen Siedlungsforschung in Carnuntum etablieren. Gleichzeitig machte die Digitalisierung vieler archäologischer Arbeitsbereiche große Fortschritte. Diese Entwicklungen waren nicht nur auf Carnuntum beschränkt, sondern ein Phänomen, dass die gesamte römische Siedlungsarchäologie tiefgreifend umkrempelte. Die Autoren dieser Zeilen – und wir nehmen an, gerade auch der Jubilar – haben diese spannende und herausfordernde Zeit des Umbruchs miterlebt, von der universitären Ausbildung her geprägt von einer Archäologie ohne Computer, primär gestützt auf Papier und Bleistift – und vielleicht auch stärker fokussiert auf Befunde und Funde.

Carnuntum war schon immer eine Spielwiese für technische Neuerungen. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Entwicklung der archäologischen Methodik in Carnuntum in den letzten Jahrzehnten. Die Autoren beschreiben den Paradigmenwechsel von großflächigen Ausgrabungen hin zu zerstörungsfreien Prospektionsmethoden und die zunehmende Digitalisierung in der Archäologie. Sie diskutieren aktuelle Herausforderungen bei der Datenerfassung, -verwaltung und -auswertung sowie zukünftige Strategien zur Bewältigung der wachsenden Datenmengen. Dabei werden viele Aspekte angesprochen, die im Rahmen dieses Beitrags nicht in allen Details ausdiskutiert werden können. Der Text bietet eine Standortbestimmung der archäologischen Forschung in Carnuntum und reflektiert die methodischen Veränderungen der letzten 50 Jahre.

PARADIGMENWECHSEL IN CARNUNTUM: VON DEN GROSSGRABUNGEN DER VERGANGENHEIT ZU GROSSRÄUMIGEN ARCHÄOLOGISCHEN PROSPEKTIONSPROJEKTEN

Mit dem Ende der Großgrabungen in Carnuntum konnte sich die archäologische Prospektion immer mehr in Szene setzen. Mehrere Jahrzehnte lang, von 1978 bis 2004, war archäologische Siedlungsforschung in Carnuntum gleichbedeutend mit den Grabungen auf den Mühläckern, im Auxiliarkastell, auf dem Pfaffenberg und in den Randbereichen der Zivil- und Militärstadt (*Kandler 2004*), die von Bauvorhaben, ausgelöst

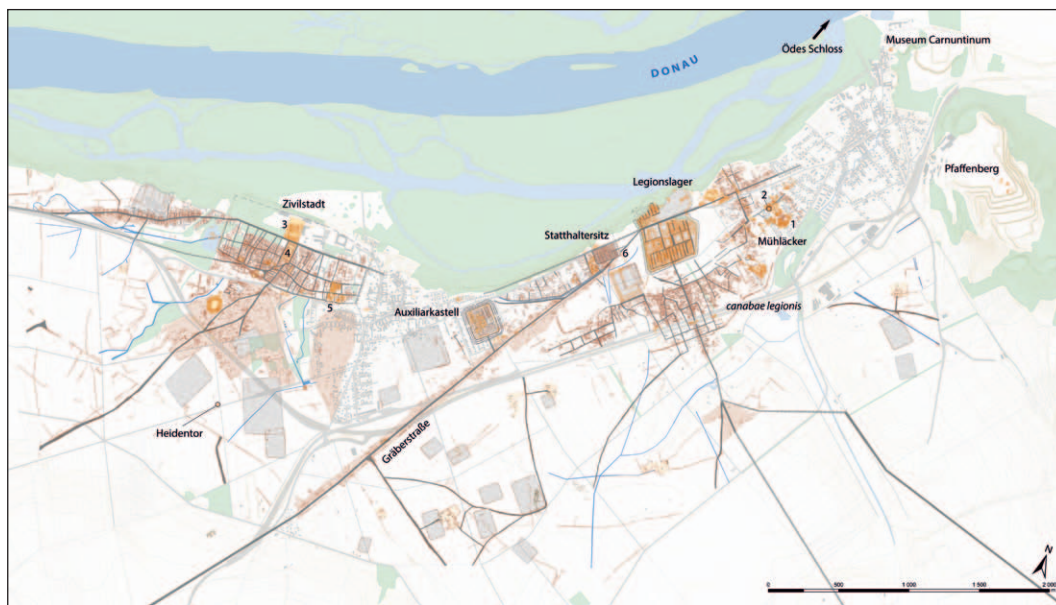


Abb. 1. Aktueller Gesamtplan von Carnuntum. 1 – Tempelbezirk für die orientalischen Gottheiten; 2 – Tempelbezirk für Liber und Libera; 3 – Forumsthermen/Macellum („Palastruine“); 4 – Forum; 5 – Stadtviertel (Archäologischer Park); 6 – Lager der Statthaltergarde. In Orange – Grabungsergebnisse, in Rotbraun – Prospektionsergebnisse (Geophysik, Luftbild). © M. Wallner (Geosphere Austria), C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

durch die anhaltende Siedlungserweiterung von Petronell und Bad Deutsch-Altenburg sowie den Bau von Infrastruktureinrichtungen (Straßen, Wasserleitungen) bedroht wurden (Abb. 1). Einrichtungen wie das Österreichische Archäologische Institut (ÖAI) und das Museum Carnuntinum mussten einen großen Teil ihrer Ressourcen aufbringen, um denkmalpflegerische Aufgaben zu erledigen. Die Situation in Carnuntum war damit durchaus vergleichbar mit Plätzen in anderen österreichischen Bundesländern, wo die Museen ebenfalls grundlegende denkmalpflegerische Tätigkeiten leisteten. Bei der Größe von Carnuntum war es dabei von Vorteil, dass neben dem Museum auch eine Forschungseinrichtung wie das ÖAI intensiv mit dieser Herausforderung betraut wurde. Trotz dieser Aufgabenteilung stellte sich aber letztendlich heraus, dass die Ressourcen angesichts der Größe der Aufgabe nicht ausreichten. Eine koordinierte Dokumentations-, Verwaltungs- und Publikationsstrategie zwischen den Hauptprotagonisten kam – nicht zuletzt auch wegen persönlicher Differenzen – nicht zustande.

Eine Folge dieser Entwicklung zeigte sich erst in den letzten Jahrzehnten in aller Deutlichkeit. Die langfristige Bindung der Ressourcen des ÖAI in der Denkmalpflege führte zu einem Aussetzen der Forschungsgrabungen, die zwar 1968 im Legionslager begonnen wurden, bald danach aber wegen der erforderlichen Notgrabungen eingestellt werden mussten. In den folgenden Jahren wurde zwar wichtige Forschungsarbeit geleistet, sowohl zu militärischen Anlagen wie dem Carnuntiner Auxiliarkastell oder zur Sakraltopographie wie der Freilegung des Tempelbezirks für die orientalischen Gottheiten sowie des Heiligtums für Liber und Libera (Abb. 1: 1, 2). Durch die jährlich stattfindenden, monatelangen Grabungen wurde zudem eine enorme Vielfalt an archäologischen Quellen erschlossen. Für eine damit Schritt haltende Aufarbeitungs- und Publikationsleistung reichten die Ressourcen allerdings nicht aus. Die neuen Grabungsergebnisse ließen sich vielfach nur in Form von Vorberichten publizieren oder man fokussierte sich auf Einzelaspekte, die man mit Detailstudien zur Veröffentlichung brachte (z.B. *Cencic/Jobst* 2004; *Humer/Kandler* 2003; *Kandler* 1987; 2001). Die Zunahme der archäologischen Quellen durch den kontinuierlichen Grabungsfortschritt und deren Dokumentation und Aufarbeitung standen spätestens in den 1990er-Jahren in keiner guten Relation. Selbst an einem zentralen Grabungsplatz wie dem Auxiliarkastell war es trotz zweier inhaltsreicher Monographien (*Kandler* 1997; *Stiglitz* 1997) nicht möglich, wesentliche Aspekte der Baugeschichte des Lagers nachvollziehbar darzulegen. Viele Fragen zu den Befunden, zu den Funden und zur Funktion und Chronologie des Reiterlagers blieben deshalb offen.

Aufgrund der Fixierung auf die Denkmalpflege bestand keine Notwendigkeit nach einem übergeordneten Forschungskonzept für Carnuntum. Aus verständlichen Gründen hatten andere Dinge, wie der Erhalt bzw. die Dokumentation des archäologischen Erbes, Vorrang. Das Fehlen eines übergreifenden Forschungskonzepts, an dessen Ausarbeitung unterschiedliche Institutionen aus der Archäologie, den Altertumswissenschaften und den Naturwissenschaften eingebunden wären, wirkt leider bis heute nach und ist immer noch ein Desiderat.

Um die Jahrtausendwende setzte ein Paradigmenwechsel ein, der durch die Erfolge der Luftbildarchäologie und der geophysikalischen Prospektion ausgelöst wurde. Zunächst konnten große Teile von Carnuntum luftbildarchäologisch kartiert werden, indem Tausende von Luftbildern, beginnend von Bildserien aus den 1960er-Jahren bis in die Gegenwart, erfasst, digitalisiert, entzerrt und mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) ausgewertet wurden (*Doneus/Neubauer/Scharrer 2001*). Die Luftbildarchäologie lieferte erstmals aktualisierte Pläne der römischen Siedlung, die weit über den bisherigen Kenntnisstand, der in erster Linie auf Grabungsergebnissen fußte, hinausreichte. Einen Schwerpunkt der luftbildarchäologischen Studien bildeten die *canabae legionis* im Vorfeld des Legionslagers (*Doneus/Gugl/Doneus 2013*). In Carnuntum gelang es nicht zuletzt auch wegen der offenen, nahezu unverbauten Landschaft, einen vergleichsweise vollständigen Gesamtplan dieses Siedlungstyps vorzulegen. Von Anfang an wurde auf eine enge Verknüpfung der neuen Prospektionsergebnisse mit den alten Grabungsaufschlüssen und den Funden, insbesondere auch den Steindenkmälern, großen Wert gelegt. Bereits mit der Luftbildarchäologie zeigte sich, dass man über die topographische Kontextualisierung altbekannter Denkmäler neue Erkenntnisse gewinnen kann, beispielsweise mit den Grabstelen entlang der sogenannten Gräberstraße und der Verortung der Kult- und Weihedenkmäler in der gesamten Siedlung (*Doneus/Gugl/Doneus 2013*, 115–145; *Gugl/Kremer 2012*).

Einen Wendepunkt markierte zweifelsohne das Projekt „ArchPro Carnuntum“, das zwischen 2012 und 2015 unter der Leitung des Ludwig-Boltzmann-Institutes für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie und durch die Mitarbeit zahlreicher Partner umgesetzt wurde (*Neubauer et al. 2018; Wallner et al. 2021*). Das Verständnis um die Struktur und Ausdehnung der römischen Siedlung wurde in diesen Jahren auf eine neue Grundlage gestellt. Durch die Entwicklung von motorisierten Messsystemen war es möglich, insgesamt eine Fläche von 743,2 ha mit Magnetik und 232,2 ha mit hochauflösendem Georadar zu erkunden. Diese enormen Datenmengen forderten auch eine Weiterentwicklung der Software, da die am Markt befindlichen Produkte nicht in der Lage waren, mit derart umfangreichen Datenmengen umzugehen. Das ambitionierte Hauptziel des Projektes war eine integrierte Gesamtinterpretation aller zur Verfügung stehenden Datenquellen und deren Visualisierung in aussagekräftigen Karten.

Für die Wissenschaft und die Denkmalpflege sind die Ergebnisse dieses Projekts ein großer Schritt nach vorn. Zugleich zeigten sich aber auch schon die ersten Probleme bei der Auswertung derart großflächiger Prospektionsunternehmungen. Durch die motorisierte Datenerfassung im Gelände lieferte vor allem das Bodenradar eine bis dahin kaum gekannte Fülle an Informationen, deren Prozessierung und insbesondere deren Auswertung ungemein zeitintensiv sind. Derzeit sind teil- oder vollautomatisierte Verfahren noch nicht in der Lage, eine ähnliche anspruchsvolle Auswertung zu liefern, wie sie professionelle Archäologen/-innen erstellen können. Fortschritte in der Algorithmenentwicklung führen schließlich dazu, dass mit derselben Datengrundlage verbesserte Graustufenvisualisierungen erzeugt werden können, die eine erneute Interpretation der „alten Messungen“ notwendig machen. Die Messergebnisse der Jahre 2012–2015 bildeten also die Grundlage für wiederholt zu erneuernde Messbilder, sodass die Interpretation, also die Vektorisierung der Graustufenbilder, mitunter als ein nicht abgeschlossener Prozess zu verstehen ist. Die Dreidimensionalität der Radardaten erfordert im Gegensatz zu den Magnetikmessbildern einen zusätzlichen Mehraufwand, weil pro Fläche immer eine Auseinandersetzung mit mehreren Tiefscheiben erforderlich ist, um das volle Potential der Methode ausschöpfen zu können.

Aber auch nach dem Abschluss des „ArchPro Carnuntum“-Projektes wurde die zerstörungsfreie Erkundung fortgesetzt. So konnten seither mehrere bisher nicht prospektierte Bereiche im Zuge der Weiterentwicklung von Messsystemen erkundet werden. Der technische Fortschritt – sowohl in der Soft- als auch in der Hardware – führt zu einer ständigen Verbesserung der Datenqualität. Durch den Einsatz der neuesten Georadar-Systeme ist es zur Zeit möglich, die Erkundungstiefe auf bis zu 2,5 m zu erweitern. Zu den erst jüngst gemessenen Arealen zählt beispielsweise die Fläche westlich der Forumsthermen, wo sich sehr schön das antike Straßenraster und ein mögliches – zum *decumanus maximus* hin orientiertes – Heiligtum abzeichnen (Abb. 2).



Abb. 2. Carnuntum, Zivilstadt. Bodenradarmessungen des Jahres 2022 nördlich und westlich der sog. Palastruine, die zwischen 1939 und 1977 ergraben wurde (vgl. Abb. 1: 3). © M. Wallner (Geosphere Austria).

Zieht man Bilanz über die letzten 50 Jahre archäologischer Forschung in Carnuntum, so muss man die großen Erfolge dieser Zeit uneingeschränkt würdigen. Carnuntum konnte sich als international anerkanntes Zentrum der Limesforschung an der mittleren Donau etablieren. Mit den großen Erfolgen der archäologischen Prospektion in den letzten beiden Jahrzehnten ließ sich in Carnuntum ein weiteres Alleinstellungsmerkmal etablieren (Gugl/Wallner/Pollhammer 2024; Wallner *et al.* 2023). Auch für eine Auseinandersetzung mit der römischen Religion ist die Carnuntiner Sakraltopographie ein wichtiger Bezugspunkt (Kremer 2021). Dies sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass es in vielen anderen Bereichen der antiken materiellen Kultur einen großen Nachholbedarf in Carnuntum gibt.

VON RETTUNGSGRABUNGEN ZU FORSCHUNGSGRABUNGEN

An einem großen Ort wie Carnuntum wird man immer ein breites Spektrum an Forschungsfragen verfolgen können. Die Ausrichtung der Forschungen und die Gewichtung der Themen werden naturgemäß von den beteiligten Forscherpersönlichkeiten abhängen. In der Vergangenheit standen einige wichtige Fragenkomplexe im Vordergrund, die durch die Notgrabungen zwangsläufig mitbestimmt wurden. Dazu zählt seit den 1970er Jahren die kontinuierliche wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den römischen Heiligtümern und dem Thema „Kult und Religion“ in Carnuntum (Abb. 1). Die großen Grabungen im Jupiterheiligtum auf dem Pfaffenberg und in den Heiligtümern für orientalisch-gottheiten sowie für Liber und Libera auf den Mühläckern am Ostrand der canabae lieferten dazu wichtige Bausteine.

Ähnlich umfangreich waren die großflächigen Ausgrabungen im Zentrum der Carnuntiner Zivilsiedlung im Bereich der so genannten „Palastruine“ (Abb. 1: 3), einem Komplex von Forumsthermen und Macellum nördlich des Forums (Sedlmayer 2015). Nach Abschluss dieser Grabungen konzentrierten sich die Arbeiten auf Nachgrabungen in einem Stadtviertel im Südosten der römischen Siedlung, die durch die Umgestaltung und Erweiterung des Archäologischen Parks ausgelöst wurden (Abb. 1: 5). Zentrale Fragen zur römischen Stadt konnten damit aber nicht geklärt werden, wie etwa die Suche nach einem vormunizipalen Vicus und damit zusammenhängend die Ursprünge der Zivilstadt (Gugl *et al.* 2023a; 2024). Die Entwicklung des Stadtzentrums ließ sich erstmals mit der Bearbeitung der Ausgrabungen in der „Palastruine“ aufzeigen, aber viele Fragen zu den Veränderungen des Stadtbildes im 3. und 4. Jh. sowie zur Aufgabe der Siedlung in der Spätantike können erst ansatzweise diskutiert werden.

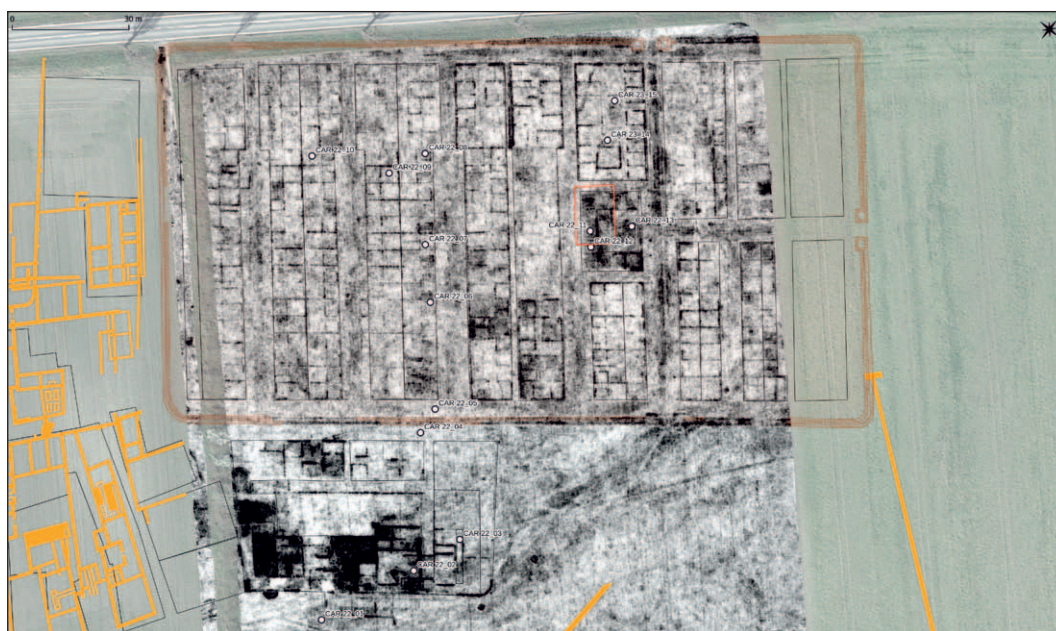


Abb. 3. Carnuntum, canabae legionis. Bodenradarmessungen und geoarchäologische Bohrungen im Bereich des Statthaltersitzes. In orange – Ausgrabungen vor 1914; rot umrandet die Grabungsfläche von 2022/2023; weiße Kreise – Bohrprofile (Rammkernbohrungen). M. Wallner (Geosphere Austria), C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

Ein dritter großer Themenkomplex waren die Bauten des römischen Heeres in Carnuntum, zu denen das Legionslager, das Auxiliarkastell, mindestens 20 temporäre Lager sowie das Lager der Statthaltergarde zählen. Die 2022 und 2023 durchgeführten Ausgrabungen in der Garnison der Statthaltergarde (Abb. 1: 6) waren die ersten größeren Forschungsgrabungen in Carnuntum seit langem (Gugl *et al.* 2023b). Gemeinsam mit dem am Ostrand von Virunum gelegenen Militärlager (Gugl *et al.* 2014) sind die Carnuntiner castra singularium eine der wenigen bekannten militärischen Anlagen an Statthaltersitzen, die der Unterbringung der zum Gouverneur abkommandierten Truppen dienen (Abb. 3; Gugl/Wallner/Neubauer 2021). Ein großer Teil des insgesamt ca. 1,73 ha großen Lagerareals konnte mit unterschiedlichen geophysikalischen Prospektionsmethoden untersucht werden. Ergänzende geoarchäologische Bohrungen mit einer Rammkernsonde lieferten Einblicke in den groben Schichtaufbau und die zu erwartende maximale Tiefe der archäologischen Strukturen. Freigelegt wurden mehrere Räume im rückwärtigen Teil der principia sowie der angrenzende Straßenraum und ältere frühkaiserzeitliche Strukturen unter dem Zentralgebäude des Lagers.

Den Kern der principia bildet das Lagerheiligtum (Raum 1; Abb. 4). In seiner letzten Ausstattung befand sich in der Nordwestecke des Heiligtums ein rundliches, etwa 60 cm hohes Ziegelplatten-Podium, das von einem mit Lehm gebundenen Steinkranz eingefasst wurde (Periode 3). In dieselbe Bauphase dürfte auch der mit einer Schlauchheizung ausgestattete nordwestliche Eckraum des Zentralgebäudes gehören (Raum 3), in dem Wandmalereireste mit der Darstellung eines Medusenhauptes zum Vorschein gekommen waren. Die Periodisierung und Datierung des Gebäudes konnte insbesondere durch die Ausgrabungen im Korridor vor dem Lagerheiligtum geklärt werden (Vorraum 1 und 2). Der letzte, mit erstaunlich wenig Aufwand und Sorgfalt ausgeführte Umbau (Periode 3) erfolgte nicht vor 240/241 n. Chr. Im durchlaufenden Korridor wurde zu dieser Zeit eine einfache, querverlaufende Trockenmauer eingezogen. In Periode 2, die man aus derzeitiger Sicht in die (spät-)antonisch-severische Zeit datieren darf, war noch die Aufteilung des Gebäudes in eine rückwärtige Raumreihe mit dem Lagerheiligtum und seinen Nebenräumen sowie dem vorgelagerten Korridor vorhanden. Von Periode 1, die man ab der ersten Hälfte des 2. Jhs. ansetzen kann, haben sich kaum Mauerreste, jedoch ein vorzüglich ausgeführter Ziegelsplittmörtelstrich in Vorraum 2 und im Eingangsbereich von Raum 2 erhalten. Auffällig war eine alternative Nutzung des Gebäudes in den Umbauphasen zwischen Periode 1 und 2 bzw. insbesondere zwischen den Perioden 2 und 3. Es konnten zahlreiche Öfen bzw. „Werkplätze“ (unbekannter Funktion) dokumentiert werden. Im Fundmaterial trat ein ungewöhnlich hoher Anteil an Speiseresten (Tierknochen) und Gefäßkeramik zutage. Ausschlaggebend für die zeitliche Einordnung



Abb. 4. Carnuntum, Statthaltersitz. Ausgrabungen in den Principia des Lagers der Statthaltergarde. Raum 1 – *Aedes principiorum*. M. Wallner (Geosphere Austria), C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

der Aufgabe des Zentralgebäudes ist das Keramikspektrum, das in der zweiten Hälfte des 3. Jhs. abbricht, sowie eine 50 Stücke umfassende Münzreihe von der gesamten untersuchten Fläche, die mit Prägungen von Gallienus, Claudius Gothicus und Aurelianus in den 270er-Jahren endet.

Die größte Überraschung kam jedoch unter den Planierschichten des Lagerheiligtums zutage. Unmittelbar über dem anstehenden Boden kamen die Reste eines älteren römischen Gebäudes zum Vorschein. Die Ausrichtung dieses Vorgängerbaus, der mit polychromer Wandmalerei ausgestattet war und Lehmziegel- bzw. Lehmfachwerkwände aufwies, weicht um ca. 5–7° von den Fluchten der principia ab. Von diesem Gebäude konnte ein Raum mit einem qualitätvollen Mörtelstrich freigelegt werden, der überraschenderweise von einem später errichteten Sechspostengrubenhaus durchbrochen wurde. In der in flavisch-trajanische Zeit zu datierenden Verfüllung des Grubenhauses wurden neben Speiseresten und römischer Keramik auch handgemachte germanische Gefäße sowie Gefäße, die man in der archäologischen Fachliteratur als „boisch“ bezeichnet, geborgen.

Diese Entdeckungen werfen ein etwas anderes Licht auf die Entstehung und Entwicklung der Lagervorstadt, als man es bisher im Vorfeld des Legionslagers für möglich gehalten hätte. Im Laufe des 1. Jhs. wurde ein doch qualitativvoll ausgestattetes römisches Gebäude von einem Grubenhaus abgelöst, das wahrscheinlich als Webhütte diente. Ein solcher Vorgang ist ohne einschneidende Veränderungen in den Besitzverhältnissen der Bewohner der Lagervorstadt nicht vorstellbar. Am ehesten könnte man sich derartige Neuaufteilungen im Kontext von Truppenverlegungen erklären, im Zuge derer auch immer wieder Teile der canabae-Bewohner mit den Truppen an den neuen Garnisonsort gezogen sind. Dies hätte neuen Siedlern die Chance eröffnet, sich in den Carnuntiner canabae niederzulassen. In Carnuntum könnte dieser Migrationsvorgang beispielsweise in den 60er-Jahren des 1. Jhs. durch den Abzug der legio XV Apollinaris in den Osten ausgelöst worden sein, die erst 71 n. Chr. wieder aus dem Orient an die mittlere Donau zurückkehrte (Mosser 2003, 15–24).

Aktuell wird der Frage nachgegangen, ob nordöstlich von Carnuntum nicht doch auch ein römisches Brückenkopfkastell existierte (Abb. 1). Berücksichtigt man die Situation beim benachbarten Legionslager von Brigetio, wäre auch hier eine mit dem Kastell von Iža-Leányvár (Rajtár 1992) vergleichbare militärische Anlage nicht überraschend. Seit der Mitte des 19. Jhs. gibt es Nachrichten über römische Mauerreste und Funde an einem Altarm der Donau (Rosskopfarm) östlich von Stopfenreuth an einer Lokalität, die mit dem Namen „Ödes Schloss“ bezeichnet wird (Abb. 5). Bei Niedrigwasser sind dort im Landschaftsschutzgebiet der Donau-March-Thaya-Auen noch immer die imposanten Mauerreste zu erkennen, die Maximilian von Groller Ende des 19. Jhs. auf einem Plan dokumentierte (von Groller 1900). Zu Jahresbeginn 2024 im aufgelockerten Auwald durchgeführte Bodenradarmessungen ermöglichen es jetzt, die Lage dieses alten Plans so zu



Abb. 5. Donauauen bei Stopfenreuth, heute noch sichtbare Mauerreste des „Öden Schlosses“, hinterlegt mit dem Kastellgrundriss von Iža-Leányvár. M. Wallner (Geosphere Austria), C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

verorten, dass man über die gezielte Anlage einer Sondage nachdenken kann, um zumindest die (römische?) Zeitstellung und die Bauweise dieser Befestigung zu klären. Ein innen oder außen ansetzender Eckturm ist auf dem vorliegenden Plan nicht zu erkennen. Die damals freigelegte abgerundete Ecke und die ansetzenden Kurtinenreste lassen unterschiedliche Rekonstruktionsmöglichkeiten zu, etwa eine Befestigung in der Größe von rund 0,5 ha (Numeruskastell) oder aber auch in einer Größenordnung von etwa 3–4 ha, die den Steinkastellen in Iža-Leányvár oder dem Auxiliarkastell von Carnuntum entspräche. Grundsätzlich wäre die Lage eines römischen Brückenkopfkastells – unweit der heutigen Donaubrücke – aus geomorphologischen Gründen verständlich, weil die die Donau begrenzenden Niederterrassen des Nord- bzw. Südufers einen vergleichsweise geringen Abstand aufweisen. Ein Überschreiten der Donau wäre somit hier sicherlich leichter zu bewerkstelligen gewesen als anderswo.

„MATERIALSCHLACHTEN“



Abb. 6. Hauptkomponenten des Dokumentationsworkflows auf den Ausgrabungen in Carnuntum (Stand 2023). C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

Antike Siedlungsagglomerationen wie Carnuntum stellen an die Erfassung, Verwaltung und Auswertung von archäologischen Befunden und Funden besondere Ansprüche. Die großen Mengen an Informationen, die bei Ausgrabungen direkt oder in der Folge davon anfallen, lassen sich bei fehlender Planung und/oder fehlendem Fachpersonal nicht sinnvoll verarbeiten. In Zeiten der Digitalisierung kommt deshalb der Etablierung erprobter Workflows und dem Datenmanagement eine nicht zu unterschätzende Rolle zu. Für die Forschungsgrabungen der letzten Jahre konnte ein Workflow entwickelt werden, dem das Konzept stratigrafischer Grabungen, wie sie das Österreichische Bundesdenkmalamt (BDA) vorgibt, zugrunde liegt (BDA 2024).

In Abb. 6 sind die wesentlichen Komponenten dieses Workflows zusammengestellt:

- Die exakte Einmessung der Grabung mit den Fixpunkten erfolgte über eine subzentimeter-genaue Aufnahme mit einer Totalstation. Für die dreidimensionale Einmessung der Schichtgrenzen (SE = stratigraphischen Einheiten) und von Funden erwies sich eine Aufnahme mit einem GPS-RTK-System als ausreichend, mit dem man in der Regel Genauigkeiten von 2–3 cm in Lage und Höhe erreichen kann. Über das Smartphone zu steuernde Lösungen, wie das EMLID-System, sind aufgrund der benutzerfreundlichen Eingabemöglichkeiten besonders geeignet.
- Die fotografische Dokumentation der Dokumentationsoberflächen (DOF) in Form von Schrägaufnahmen hat nach den Richtlinien des BDA gewisse Elemente, wie einen Nordpfeil, einen Maßstab bzw. Fluchtstangen sowie eine Fototafel mit der Angabe der Kurzbezeichnung der Grabung, der Maßnahmennummer (Bewilligungsnummer), der SE-Nummern sowie des Datums, zu erfolgen.
- Auch der nächste Schritt der Dokumentation ist fotografisch, indem mit einer Vielzahl von sich größtenteils überlappenden Fotos eine dreidimensionale Punktwolke und eine davon abgeleitete Oberfläche (Mesh) generiert werden. Auf der Grabung selbst erfolgt nur die Dokumentation der Oberfläche mit einer geeigneten Kamera. Das 3D-Modell als Endprodukt dieses Aufnahmeverfahrens (IBM = Image Based Modelling) steht erst nach einem aufwändigen Rechenprozess – in der Regel – am Folgetag zur Verfügung.
- Im Jahr 2023 konnten die Vor- und Nachteile einer 3D-Aufnahme mit einem Apple iPad oder iPhone getestet werden. Die neueren Geräte dieses Herstellers verfügen über einen eingebauten Lidar-Sensor, der in Kombination mit der Gerätekamera die Aufnahme eines Objekts oder einer DOF auf der Grabung erlaubt. Innerhalb von etwa 15 Minuten sind das Scannen und das Prozessieren der Daten abgeschlossen, sodass das Resultat der Aufnahme beurteilt und weiterverarbeitet werden kann (*Paukkonen 2023*). Verwendet man ein iPad mit einem Eingabestift, kann man im Anschluss daran direkt auf einem Orthofoto oder einer anderen Visualisierung der 3D-Daten – annähernd wie auf einem Blatt Papier – schreiben und zeichnen. Die Qualität dieser 3D-Modelle bzw. der davon abgeleiteten Orthofotos ist so gut, dass man zumeist jeden Stein in der Größe von 3–5 cm unterscheiden kann. Die Qualität der Textur ist sicherlich nicht mit den oben beschriebenen photogrammetrischen Aufnahmen vergleichbar, bei der eine Spiegelreflexkamera verwendet wird, aber sie ist für viele weitere Arbeitsschritte ausreichend. Die mit dem iPad/iPhone erzeugten 3D-Modelle zeigen genügend Details, um daraus einen Plan abzuleiten. In Carnuntum und Troesmis durchgeführte Genauigkeitsstudien haben gezeigt, dass die Abweichungen in einem Bereich von 1–3 cm liegen, also durchaus mit der Qualität von Handzeichnungen (Maßstab 1 : 20) mithalten können (Abb. 7).
- Der deskriptive Teil der Dokumentation stützt sich zur Zeit noch sehr stark auf eine Datenerfassung über vom BDA bereitgestellten PDF-Formulare. Diese umfassen digitale Beschreibungsblätter für verschiedene Befundkategorien (Schichten, Mauern, Gräber, ...) sowie Listen, insbesondere eine Überblicksliste für alle stratigraphischen Einheiten. Die Beschreibungsblätter beinhalten auch einen Bereich für die Dokumentation der stratigraphischen Beziehungen. Für die Erstellung einer Harris-Matrix empfiehlt es sich jedoch, auf eine Spezialsoftware wie den Harris Matrix Composer zurückzugreifen. Ein Grabungsprotokoll, das den Grabungsfortschritt festhält, rundet die Dokumentation ab.
- Bei der Fundverwaltung besteht der erste Schritt in einer tabellarischen Erfassung der Funde nach Fundgattungen, gegliedert nach den SE-Nummern und Fundnummern, die umgehend als Fundliste

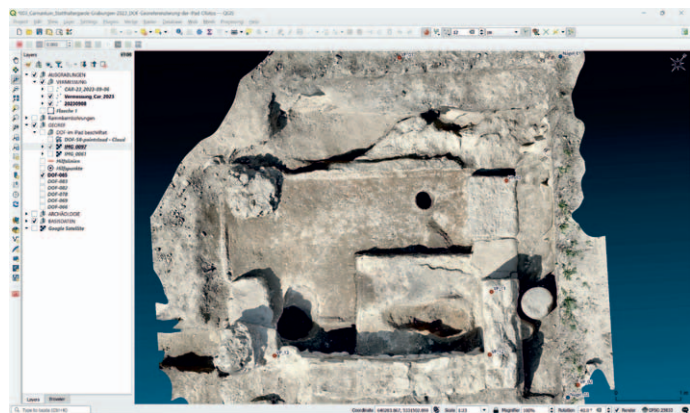


Abb. 7. Carnuntum, Statthaltersitz/Ausgrabungen in den Principia des Lagers der Statthaltergarde: mit dem iPad erstelltes und in QGIS georeferenziertes Orthophoto der Befunde in Vorraum 2. C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

vorliegen. Bei der weiteren Versorgung der Funde ist die Unterstützung durch das Museum Carnuntum von großer Bedeutung, wobei das Reinigen der Funde sowie die Verpackung und die Lagerung des Fundmaterials im Depot des Landes Niederösterreich in der Kulturfabrik in Hainburg (KUFA) erfolgen kann.

In der KUFA gibt es sehr gute Voraussetzungen, um das Fundmaterial auszulegen, Anpassungen durchzuführen und die Artefakte den eigenen Anforderungen entsprechend zu dokumentieren. Eine große Herausforderung sind die enormen Materialmengen, die bei Siedlungsgrabungen in besonderem Ausmaß anfallen. Neben der Baukeramik und der Wandmalerei, die bei der Lagerung mitunter große Kubaturen beanspruchen, sind dies die zahlreichen Tierreste sowie Erdproben, entnommen für weitere bio- und geoarchäologische Untersuchungen. Die in der Archäologie umfangreichste Materialgruppe ist in der Regel die Gefäßkeramik, der wir in den letzten beiden Jahrzehnten die größte Aufmerksamkeit gewidmet haben. Eine

Tabelle 1. Überblick über den Stand der Datenerfassung des ÖAI-Teams in Carnuntum. Datenerfassung S. Radbauer, M. Kronberger (2009–2022). © S. Radbauer, C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

Ausgrabung/Survey	Gefäßkeramik	Baukeramik	Anderes
Zivilstadt/Westvorstadt, Ausgrabungen 1976	24.235	41	2.530
Gladiatorenschule, Survey 2012	7.510	9.384	491
Limesgasse, Ausgrabungen 2016	4.577	147	1.910
Gstettenbreite, Survey 2017	7.860	7.532	1.115
Gstettenbreite, Ausgrabungen 2017	1.763	261	1.557
Canabae, Survey 2009/10	8.731	6	73

Erstellt mit Datawrapper

erste Vereinheitlichung der Aufnahmeprozesse erfolgte bereits im Zuge des Canabae-Surveys, der zwischen 2009 und 2010 in den Randbereichen und im Vorfeld der Lagervorstadt durchgeführt wurde (Gugl/Radbauer/Kronberger 2015). In der Folge ließ sich die Artefakterfassung in einer relationalen Datenbank (Microsoft Access) derart optimieren, dass die Daten in zwei verknüpften Tabellen abgelegt werden: eine für den Gesamtbestand der Funde und eine zweite für die Detaillierung signifikanter Artefakte, die bereits als Vorstufe für einen Katalog dient.

Die Gesamtanzahl der von unserem Team erfassten Artefakte ist mittlerweile beachtlich und umfasst sowohl Funde aus Ausgrabungen als auch von Feldbegehungen (Tabelle 1). Unterrepräsentiert

Tabelle 2. Klassifikation der Gefäßkeramik nach Typen und Parallelen in Carnuntum. Häufigkeit ihres Vorkommens. Klassifizierung der Gefäßkeramik S. Radbauer (2012–2022). © S. Radbauer, C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

Vorkommen	1-5	6-10	11-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-500	501-1200	1201-
Parallele	307	43	13	11	3	1		1		
Typ	211	41	41	24	21	5	6	10	2	
Unbestimmt										1

Erstellt mit Datawrapper

tiert sind allerdings nach wie vor datierende Fundkontexte mit zeitlich homogenen Fundensembles. Bei der Klassifizierung der Gefäßkeramik kommen zwei verschiedene Konzepte zur Anwendung (Tabelle 2). Wenn möglich, werden die Gefäße formtypologisch bestimmt, wobei auf die in Carnuntum bereits vorliegenden Typologien (Gugl et al. 2023a, 100), die in der Regel keramikgattungsspezifisch entwickelt wurden, zurückgegriffen wird. Falls dies nicht durchführbar ist, arbeiten wir mit Parallelen (Analogien), wobei bei der Klassifikation der entsprechende Tafel- bzw. Abbildungsverweis zur Anwendung kommt. Von derzeit 15 597 signifikanten Gefäßen (Stand: 2022) lassen sich 8 915 näher klassifizieren, wobei sich dieser Datenbestand auf 740 unterschiedliche Klassen aufteilt. Gefäßkeramikklassen, die mehr als 40 mal vorkommen, werden durch die bestehenden Typologien gut abgebildet. Bei Gefäßkeramikklassen, die maximal zehnmal erfasst wurden, spielen hingegen Verweise auf Parallelen eine größere Rolle. Entscheidend ist ferner die Zeitstellung, denn das 2. und 3. Jh. wird durch Typologien deutlich besser abgedeckt als die Spätantike. Dieser Umstand spiegelt sich beispielsweise bei der Vorlage der Gefäßkeramik aus der Zivilstadt (Tabelle 1: Ausgrabungen 1976) deutlich wider, einem Fundspektrum, das den Zeitraum von flavischer Zeit bis in die erste Hälfte des 5. Jhs. umfasst (Gugl et al. 2023a, Taf. XXXVI–LVII).

ZUKUNFTSSTRATEGIEN

Für die nächsten Jahre gibt es eine Reihe von Herausforderungen zu bewältigen, die nicht zuletzt durch die laufenden technischen Fortschritte entstehen. Am ÖAI wurde die abteilungsübergreifende Forschungsinfrastruktureinrichtung „Digital Archaeology and Classics“ (DAC) eingerichtet, um die Kompetenzen des Instituts im Bereich der Digital Humanities zu konzentrieren. Um das Datenmanagement zu erleichtern, wird man bei der Datenerfassung im Feld sowie der Weiterverarbeitung der erhobenen Daten eine Reihe von Entscheidungen treffen müssen:

- Sinnvoll ist ein verstärkter Gebrauch von Open Source Software (OSS), solange damit dieselben Aufgaben erfüllt werden können wie mit proprietärer Software. Dies dient sowohl dem Abbau von Abhängigkeiten als auch der Reduzierung von Lizenzkosten. In der Regel arbeitet OSS auch mit offenen Dateiformaten, die für die Weiterverarbeitung und Archivierung eine größere Flexibilität bietet.
- Verstärkt wird man sich der Entwicklung von Workflows widmen müssen, die softwareseitig auf der Grundlage von OSS aufbaut, um möglichst viele Arbeitsschritte in einer Arbeitsumgebung abzudecken und auch die Heterogenität der Dateiformate zu reduzieren. Bei Ausgrabungen und Surveys bzw. bei allen Aktivitäten, die raumbezogene Daten verarbeiten, kommt dabei GIS zum Einsatz. GIS hat aber nach wie vor große Schwächen beim Umgang mit (umfangreichen) 3D-Daten. Die Verbindung zwischen einem GIS und seinen Attributdaten, die als relationale Datenbanken strukturiert sind, und einem Graphen, wie er zum Beispiel durch die sogenannte Harris-Matrix repräsentiert wird, ist nach wie vor nur ansatzweise gelöst. Erste Schritte diesbezüglich gibt es sowohl von Seiten kommerziell-proprietärer Softwareentwickler (Esri ArcGIS, Harris Matrix Composer) als auch über OSS-Lösungen (QGIS inkl. Plugins, yEd). Gerade letzterer Ansatz wird derzeit am ÖAI verfolgt.
- Bei überschaubaren Einzelprojekten mögen Desktop-Datenbanksysteme eine gute Wahl sein, bei größeren Plätzen mit kontinuierlicher Forschungsaktivität zeigen sich aber bald deren gravierende Nachteile. Derzeit werden servergestützte Datenbanklösungen wie Baserow sowohl vom ÖAI als auch vom Austrian Center for Digital Humanities (ACDH) an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) aufgebaut, die zahlreiche Vorteile bieten. Allerdings befinden sich diese Systeme für Carnuntum noch im Aufbau und sind bisher nicht im Einsatz. Eine Online-Plattform ermöglicht mehreren Teammitgliedern an einem Projekt zu arbeiten. Der Arbeitsfortschritt kann sehr transparent dargestellt werden. Technisch sind Online-Datenbanken um einiges einfacher zu betreiben, sowohl im Hinblick auf die Datenmodellierung und die Datensicherheit als auch mit der Absicht, harmonisierte Begriffe bzw. kontrollierte Vokabulare bei der Datenerfassung zu implementieren. Der letztgenannte Aspekt ist bei den Digital Humanities ein Schlüsselkonzept, um Daten semantisch aufzubereiten und sie im Internet verfügbar zu machen.

Baserow bietet als Online-Datenbank auch eine Schnittstelle, über die man auf die Datensammlungen mit einer Programmiersprache wie Python zugreifen kann. Während die Datenerfassung zentral erfolgt, lassen sich weiterführende analytische Aufgaben auch lokal durchführen. Ein Auszug der Daten kann entnommen und auf seinem eigenen Rechner mit einer Tabellenkalkulation wie Excel oder mit Programmiersprachen wie Python oder R verarbeitet werden. Je umfangreicher der Datenbestand wird, desto mehr erscheint es notwendig, eine softwaregestützte explorative bzw. grafische Datenanalyse durchzuführen (*Unwin 2015*). Attraktiv erscheinen web-basierte, interaktive Applikationen wie die ShinyStats, mit denen sich laufend ansprechende Visualisierungen des aktuellen Datenbestandes im Webbrowser verwirklichen lassen (*Wickham 2021*).

Was die Geoinformationstechnologie betrifft, so wird diese in Carnuntum bisher ausschließlich auf Desktop-Ebene eingesetzt. Die Implementierung von WebGIS-Lösungen steht noch aus, obwohl solche Systeme bereits für andere archäologische Stätten, wie beispielsweise den Grabungsplatz Ephesos, zur Verfügung stehen. Die Einführung von WebGIS-Servern für Carnuntum würde den Datenzugriff und die -analyse erheblich erleichtern und die ortsunabhängige Zusammenarbeit der Forschenden fördern. Diese Entwicklungen zeigen, dass Carnuntum zwar auf dem Weg zu moderneren, serverbasierten Lösungen ist, aber noch einige Schritte zu gehen hat, um das volle Potenzial dieser Technologien auszuschöpfen.

In Carnuntum werden auch erste Schritte unternommen, um maschinenbasiertes Lernen (ML) und Künstliche Intelligenz (KI) in der Archäologie einzusetzen. Auf den GitHub-Copilot, ein KI-Werkzeug, das sich

in die Entwicklungsumgebung einbindet und Unterstützung beim Schreiben von Computer-Code anbietet, würde man nur mehr ungern verzichten. Ferner sind Projektplanungen am Laufen, um einen ML-Workflow zu etablieren, der eine computer-gestützte Klassifikation von Gefäßkeramik leistet. Allein von der Menge her sollte in Carnuntum genügend „Trainingsmaterial“ für maschinelles Lernen vorliegen.

Vieles schlummert allerdings noch in den Archiven und ist nicht digitalisiert. Die Digitalisierung der Archivbestände aus den Ausgrabungen des ÖAI in Carnuntum ist schon vor einigen Jahren angelaufen. Zu den Core-Services, die die Einheit DAC am ÖAI entwickelt und betreibt, gehört auch eine Mediendatenbank (oeai.DAM) zur Verwaltung der digitalen Datenbestände des Instituts. Von den derzeit im System erfassten 361 543 Datensätzen sind erst 27 747 online verfügbar (Stand: 2024-02-25), ein Bruchteil davon aus Carnuntum. Die Einheit DAC verfügt ferner über große Kompetenzen bei der digitalen Erschließung und Archivierung von Datenbeständen. Mit Jahresende 2025 wird das zweijährige Projekt IUENNA abgeschlossen sein, bei dem es um die Digitalisierung, Inwertsetzung und Archivierung der archäologischen Forschungsdaten der Kleinregion Globasnitz-Hemmaberg-Jaunstein-St. Stefan im Kärntner Jauntal geht, einem Projekt, das gemeinsam von ÖAI und dem Kärntner Landesmuseum umgesetzt wird (Hagmann/Reiner 2023). Die Erfahrungen, die in diesem Projekt gesammelt werden, lassen sich gewinnbringend auf andere Plätze übertragen. In Carnuntum konnte bisher nur ein kleiner Teil der Forschungsdaten im Repositorium ARCHE archiviert werden. Dieses Repositorium wird an der ÖAW vom ACDH betrieben und ist das größte seiner Art in Österreich (Gugl/Trognitz 2020). Es bleibt zu hoffen, dass hier nicht nur die Daten aus den Forschungen zum westlichen Suburbium der Carnuntiner Zivilstadt eine möglichst lange Bleibe finden, sondern auch noch viele weitere Forschungsdaten aus Carnuntum folgen werden. Denn die Sicherung und Distribution unserer Forschungsdaten muss uns ein genauso wichtiges Anliegen sein, wie der Erhalt unseres materiellen kulturellen Erbes.

LITERATUR

- BDA 2024 Bundesdenkmalamt: Richtlinien Archäologische Maßnahmen Version: 1. Jänner 2024. Available online at: https://www.bda.gv.at/dam/jcr:311e0b74-72ea-4e28-97a1-779e4ced928/230209_Publikation_Richtlinien_Archäologie_A4_BF.pdf
- Cencic/Jobst 2004 J. Cencic/W. Jobst: Bericht über die Grabungen 1994–1998 im Mithräum III von Carnuntum. *Carnuntum Jahrbuch* 2004, 2004, 59–72.
- Doneus/Neubauer/Scharrer 2001 M. Doneus/W. Neubauer/G. Scharrer: Archäologische Prospektion der Landschaft von Carnuntum. Möglichkeiten der Luftbildarchäologie. *Carnuntum Jahrbuch* 2000, 2001, 53–72.
- Doneus/Gugl/Doneus 2013 M. Doneus/C. Gugl/N. Doneus: *Die Canabae von Carnuntum. Eine Modellstudie der Erforschung römischer Lagervorstädte. Von der Luftbildprospektion zur siedlungsarchäologischen Synthese*. Der römische Limes in Österreich 47. Wien 2013. DOI: https://doi.org/10.26530/OAPEN_441664
- Gugl/Kremer 2012 C. Gugl/G. Kremer: Fund- und Aufstellungsorte. In: G. Kremer (ed.): *Götterdarstellungen, Kult- und Weihedenkmäler aus Carnuntum*. Corpus Signorum Imperii Romani. Carnuntum Supplement 1. Wien 2012, 325–371. DOI: <https://doi.org/10.1553/0x002c93bf>
- Gugl/Radbauer/Kronberger 2015 C. Gugl/S. Radbauer/M. Kronberger: *Die Canabae von Carnuntum II. Archäologische und GIS-analytische Auswertung der Oberflächensurveys 2009–2010*. Der römische Limes in Österreich 48. Wien 2015. DOI: https://doi.org/10.26530/oapen_574660
- Gugl/Trognitz 2020 C. Gugl/M. Trognitz: 2000 Jahre und länger. Archivierung digitaler Daten des Troesmis-Projekts. In: L. Berger/L. Huber/F. Lang/J. Weilhartner (Hrsg.): *Akten des 17. Österreichischen Archäologentages am Fachbereich Altertumswissenschaften, Klassische und Frühägäische Archäologie der Universität Salzburg vom 26. bis 28. Februar 2018*. Archaeo-Plus. Schriften zur Archäologie und Archäometrie der Paris Lodron Universität Salzburg 11. Salzburg 2020, 109–119.
- Gugl et al. 2014 C. Gugl/W. Neubauer/E. Nau/R. Jernej: Das Militärlager in Virunum (Noricum). Zur Stationierung von römischen Truppen (singulares) an Statthaltersitzen. Teil 2. *Carnuntum Jahrbuch* 2014, 2014, 55–66. DOI: https://doi.org/10.1553/cjb_2014s55
- Gugl et al. 2023a C. Gugl/S. Radbauer/M. Wallner/E. Pollhammer: Ein Querschnitt durch die Stadt. Teil 1. Chronologie und Struktur der Carnuntiner Zivilstadt auf Basis von geophysikali-

- schen Messungen und der Notgrabung 1976. *Carnuntum Jahrbuch* 2022, 2023, 55–100. DOI: https://doi.org/10.1553/cjb_2022s55
- Gugl et al. 2023b C. Gugl/S. Radbauer/M. Wallner/E. Pollhammer: Ausgrabungen in den Kasernen der Statthaltergarde von Carnuntum. *Acta Carnuntina* 13, 2023, 10–17.
- Gugl et al. 2024 C. Gugl/S. Radbauer/M. Wallner/E. Pollhammer, Ein Querschnitt durch die Stadt – Teil 2: Chronologie und Struktur der Carnuntiner Zivilstadt auf Basis von geophysikalischen Messungen und der Notgrabung 1976. *Carnuntum Jahrbuch* 2023, 2024, 45–79. DOI: https://doi.org/10.1553/cjb_2023s45
- Gugl/Wallner/Neubauer 2021 C. Gugl/M. Wallner/W. Neubauer: Statthalterpalast und Statthaltergarde. Neue Aspekte aus Carnuntiner Sicht. *Römisches Österreich* 44, 2021, 37–53. DOI: <https://doi.org/10.25364/26.44:2021.4>
- Gugl/Wallner/Pollhammer 2024 C. Gugl/M. Wallner/E. Pollhammer: Carnuntum. Eine antike Siedlungsagglomeration an der mittleren Donau. In: J. Horvat/S. Groh/K. Strobel/M. Belak (Hrsg.): *Roman urban landscape. Towns and minor settlements from Aquileia to the Danube*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 47. Ljubljana 2024, 377–401. DOI: https://doi.org/10.3986/9789610508281_19
- Hagmann/Reiner 2023 D. Hagmann/F. Reiner: IUENNA – openIng the soUthErn jauNtal as a micro-regioN for future Archaeology. A «para-description». *Peer Community Journal* 3, 2023, article e120. DOI: <https://doi.org/10.24072/pcjournal.338>
- Humer/Kandler 2003 F. Hummer/M. Kandler: Carnuntum. *Archäologie Österreichs* 14, 2003, 4–27.
- Kandler 1987 M. Kandler: Bericht über die Ausgrabungen auf der Trasse der B9 im Abschnitt Bad Deutsch-Altenburg 1985. *Carnuntum Jahrbuch* 1986, 1987, 129–132.
- Kandler 1997 M. Kandler (Hrsg.): *Das Auxiliarkastell Carnuntum 2. Forschungen seit 1989*. Sonder-schriften. Österreichisches Archäologisches Institut 30. Wien 1997.
- Kandler 2001 M. Kandler: Liber und Libera in Carnuntum. In: F. W. Leitner (Hg.): *Carinthia romana und die römische Welt. Festschrift für Gernot Piccottini zum 60. Geburtstag*. Aus For-schung und Kunst 34. Klagenfurt 2001, 63–77.
- Kandler 2004 M. Kandler: Carnuntum. In: M. Šašel Kos/P. Scherrer (Hrsg.): *The autonomous towns of Noricum and Pannonia*. Situla 42. Ljubljana 2004, 11–66.
- Kremer 2021 G. Kremer: Carnuntum, Capital of Pannonia Superior. The Evidence of the Votive Mo-numents and the Sacral Topography. In: M. Rajčeva/M. Steskal (Hrsg.): *Roman Pro-vincial Capitals under Transition. Proceedings of the International Conference held in Plovdiv 04.–07. November 2019*. Sonderschriften. Österreichisches Archäologisches In-stitut 61. Wien 2021, 407–422.
- Mosser 2003 M. Mosser: *Die Steindenkmäler der Legio XV Apollinaris*. Wiener Archäologische Stu-dien 5. Wien 2003.
- Neubauer et al. 2018 W. Neubauer/M. Wallner/C. Gugl/K. Löcker/A. Vonkilch/T. Trausmuth/E. Nau/V. Jansa/J. Wilding/A. Hinterleitner/I. Trinks/M. Doneus/G. Verhoeven/ N. Doneus/H. Schiel/R. Totschnig/R. Filzwieser/V. Sandici/P. Schneidhofer/T. Tencer/ M. Gabler/S. Flöry/J. Kainz/M. Kucera/A. Lugmayr/L. Aldrian/M. Kröhl/V. Poscetti/Ch. Markussen/Th. Zitz/S. Seren/R. Manojlovic/T. Saey/M. van Meirvenne/F. Hummer: Zerstörungs-freie archäologische Prospektion des römischen Carnuntum. Erste Ergebnisse des For-schungsprojekts „ArchPro Carnuntum“. *Carnuntum Jahrbuch* 2017, 2018, 55–75. DOI: https://doi.org/10.1553/cjb_2017s55
- Paukkonen 2023 N. Paukkonen: Towards a Mobile 3D Documentation Solution. Video-Based Photo-grammetry and iPhone 12 Pro as Fieldwork Documentation Tools. *Journal of Computer Applications in Archaeology* 6, 2023, 143–154. DOI: <https://doi.org/10.5334/jcaa.135>
- Rajtár 1992 J. Rajtár: Das Holz-Erde-Lager aus der Zeit der Markomannenkriege in Iža. In: *Proble-me der relativen und absoluten Chronologie ab Latènezeit bis zum Frühmittelalter. Ma-terialien des 3. Internationalen Symposiums. Grundlagen der frühgeschichtlichen Ent-wicklung im nördlichen Mitteldonauebiet*. Kraków – Karniowice, 3.–7. Dezember 1990. Kraków 1992, 149–170.
- Sedlmayer 2015 H. Sedlmayer: *Große Thermen, Palästra, Macellum und Schola im Zentrum der Colonia Carnuntum*. Zentraleuropäische Archäologie 5. Wien 2015.
- Stiglitz 1997 H. Stiglitz (Hrsg.): *Das Auxiliarkastell Carnuntum 1. Forschungen 1977–1988*. Sonder-schriften. Österreichisches Archäologisches Institut 29. Wien 1997.
- Unwin 2015 A. Unwin: *Graphical Data Analysis with R. The R Series*. Boca Raton – London – New York 2015.
- von Groller 1900 M. von Groller: *Das „Öde Schloss“ an der Donau*. Der römische Limes in Österreich 1. Wien 1900, 87–92.

- Wallner/Gugl/Pollhammer 2023 M. Wallner/C. Gugl/E. Pollhammer: Der neue Stadtplan von Carnuntum. *Acta Carnuntina* 13/1, 2023, 28–35.
- Wallner et al. 2021 M. Wallner/K. Löcker/C. Gugl/T. Trausmuth/A. Vonkilch/Ch. Einwögerer/V. Jansa/J. Wilding/E. Pollhammer/W. Neubauer: The 'Archpro Carnuntum' Project – Integrated Archaeological Interpretation of Combined Prospection Data, Carnuntum (Austria). *Építés-Építészettudomány* 49, 2021, 77–95.
DOI: doi.org/10.1556/096.2021.00005
- Wallner et al. 2023 M. Wallner/C. Gugl/A. Hinterleitner/J. Gallistl/K. Löcker/I. Schlögel/F. Reiner/A. Flores-Orozco/C. Moser/Zeitlhofer: *The more, the merrier? A multi-methodological survey at the Roman town of Carnuntum*, *Advances in On- and Offshore Archaeological Prospection. Proceedings of the 15th International Conference on Archaeological Prospection*. Kiel, March 28–April 1 2023. Kiel 2023, 293–297.
DOI: http://doi.org/10.38072/978-3-928794-83-1/p59
- Wickham 2021 H. Wickham: *Mastering Shiny. Build Interactive Apps, Reports, and Dashboards Powered by R*. Sebastopol, California 2021.

Archeologické metódy v Carnunte

Aktuálny stav

Christian Gugl – Silvia Radbauer – Mario Wallner

Súhrn

Počas posledných dvoch až troch desaťročí prešiel archeologický výskum v Carnunte výraznými zmenami, ktoré boli spôsobené predovšetkým technologickými inováciami. Okolo roku 2000 sa archeologická prospekcia etablovala ako nová kľúčová metóda pri výskume osídlenia v Carnunte. Súčasne výrazne pokročila digitalizácia na mnohých archeologických pracoviskách. Tento vývoj sa neobmedzil len na Carnuntum, ale mal veľký vplyv na archeologický výskum sídlisk a zásadne zmenil vedecké prístupy v celej oblasti.

Autori tohto článku boli svedkami tohto vzrušujúceho a náročného obdobia zmien, od univerzitného vzdelávania v archeológii bez počítačov až po súčasný stav odboru, ktorý je výrazne podporovaný digitálnymi technológiami. Carnuntum bolo vždy skúšobným poľom technologických inovácií a cieľom tohto príspevku. Cieľom je charakterizovať súčasný stav archeologickej metodológie, aby sme lepšie pochopili a zhodnotili zmeny za posledných 50 rokov. Text opisuje zmenu paradigmy od rozsiahlych vykopávok k neinvazívnym prospekčným metódam. Celé desaťročia bol archeologický výskum osídlenia v rímskom tábore Carnuntum synonymom práce v rôznych oblastiach ohrozených stavebnými projektmi. Dlhodobé vyčlenenie dostatočných finančných prostriedkov na ochranu kultúrneho dedičstva však viedlo k pozastaveniu výskumných aktivít. Na prelome tisícročí úspechy v leteckej archeológii a geofyzikálnej prospekcii vyvolali zmenu paradigmy. Prelom znamenal projekt „ArchPro Carnuntum“ (2012–2015), ktorý využíval motorizované meracie systémy na prieskum veľkých plôch pomocou magnetometrie a pozemného penetračného radaru s vysokým rozlíšením.

Článok sa zaoberá aj nedávnymi archeologickými výskumami, vrátane tých v sídle miestodržiteľa tábora v rokoch 2022 a 2023. Tieto vykopávky priniesli nové poznatky o vývoji vojenského mesta a jeho okolia. Autori sa dotýkajú aj prebiehajúcich výskumov novej existencie rímskej predmostnej pevnosti severovýchodne od Carnunta.

Významná časť textu sa venuje problémom správy a analýzy obrovského množstva údajov, ktoré sa získavajú modernými archeologickými metódami. Autori opisujú pracovný postup vyvinutý pre nedávne výskumné projekty, vrátane presného prieskumu, fotografickej dokumentácie, 3D modelovania a rôznych techník zaznamenávania údajov. Zdôrazňujú potenciál nových technológií, ako je napríklad 3D skenovanie pomocou iPadov Apple vybavených snímačmi LiDARu. V príspevku sa venujeme aj klasifikácii a správe archeologických nálezov, najmä keramiky, ktorá predstavuje najväčšiu skupinu materiálu v archeológii. Autori diskutujú o využívaní relačných databáz na evidenciu artefaktov a o výzvach spojených so spracovaním obrovského množstva materiálu zo sídliskových výskumov.

Pri pohľade do budúcnosti sa v texte uvádza niekoľko výziev a stratégií na nadchádzajúce roky. Patrí medzi ne intenzívne využívanie softvéru s otvoreným zdrojovým kódom, vývoj pracovných postupov založených na GIS na spracovanie priestorových údajov a implementácia serverových systémov riadenia databáz. Autori sa zmieňujú aj o prvých krokoch smerom k využívaniu strojového učenia a umelej inteligencie v archeológii, napríklad pri počítačom podporovanej klasifikácii keramiky. Na záver sa článok dotýka prebiehajúcej digitalizácie archívneho materiálu z vykopávok ÖAI v Carnunte a významu

digitálnej archivácie výskumných dát. Autori zdôrazňujú, že uchovávanie a šírenie výskumných dát by malo byť rovnako dôležité ako uchovávanie hmotného dedičstva. V závere tohto príspevku je uvedený komplexný prehľad vývoja archeologickej metodológie v Carnunte za posledné desaťročia, pričom sa autori zamýšľajú nad výzvami a príležitosťami, ktoré predstavujú nové technológie a prístupy v oblasti archeológie.

Obr. 1. Aktuálny celkový plán mesta Carnuntum. 1 – chrámová štvrť pre orientálne božstvá; 2 – chrámová štvrť pre Libera a Liberu; 3 – kúpele na fóre/Macellum („ruiny paláca“); 4 – fórum; 5 – mestská štvrť (archeologický park); 6 – tábor miestodržiteľovej gardy. Oranžová – výsledky výskumov; červenohnedá – výsledky prospekcie (geofyzika, letecká snímka). © M. Wallner (Geosphere Austria), C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

Obr. 2. Carnuntum, civilné mesto. Merania georadarom z roku 2022 severne a západne od tzv. ruín paláca, ktoré boli preskúmané v rokoch 1939–1977 (obr. 1: 3). © M. Wallner (Geosphere Austria).

Obr. 3. Carnuntum, *canabae legionis*. Merania georadarom a geoarcheologické vrty v oblasti sídla miestodržiteľa. Oranžová – vykopávky pred rokom 1914; červeným orámovaná plocha vykopávok z rokov 2022/2023; biele kruhy – vrtné profily (jadrové vrty). M. Wallner (Geosphere Austria), C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

Obr. 4. Carnuntum, sídlo miestodržiteľa. Vykopávky v *principii* tábora miestodržiteľskej gardy. Miestnosť 1 – *aedes principiorum*. M. Wallner (Geosphere Austria), C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

Obr. 5. Dunajské lužné lesy pri Stopfenreuthe: dodnes viditeľné zvyšky múrov „Öden Schlossu“, prekryté pôdorysom kastela Iža-Leányvár. M. Wallner (Geosphere Austria), C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

Obr. 6. Hlavné komponenty dokumentačného pracovného postupu na vykopávkach v Carnunte (stav 2023). C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

Obr. 7. Carnuntum, sídlo miestodržiteľa/vykopávky v *principii* tábora miestodržiteľskej gardy: pomocou iPadu vytvorené a v QGIS-e georeferencované ortofoto nálezov vo vstupnej miestnosti 2. C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

Tabela 1. Prehľad o stave zberu dát tímu ÖAI v Carnunte. Zber údajov S. Radbauer, M. Kronberger (2009–2022). © S. Radbauer, C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

Tabela 2. Klasifikácia keramických nádob podľa typov a paralel v Carnunte. Frekvencia ich výskytu. Klasifikácia keramických nádob S. Radbauer (2012–2022). © S. Radbauer, C. Gugl (ÖAW-ÖAI).

PD Dr. Christian Gugl
Österreichische Akademie der Wissenschaften
Österreichisches Archäologisches Institut
Dominikanerbastei 16
AT – 1010 Wien
christian.gugl@oeaw.ac.at
<https://orcid.org/0000-0001-6607-959X>

DDr. Silvia Radbauer
Österreichische Akademie der Wissenschaften
Österreichisches Archäologisches Institut
Dominikanerbastei 16
AT – 1010 Wien
silvia.radbauer@oeaw.ac.at

Dr. Mario Wallner
GeoSphere Austria
Hohe Warte 38
AT – 1190 Wien
mario.wallner@geosphere.at
<https://orcid.org/0000-0001-7006-8367>