



THIASOS

RIVISTA DI ARCHEOLOGIA E ARCHITETTURA ANTICA

2022, n. 11

«THIASOS» Rivista di archeologia e architettura antica

Direttore: Giorgio Rocco

Comitato di Direzione: Monica Livadiotti (vice-Direttore), Roberta Belli Pasqua, Luigi Maria Calì

Redazione: Davide Falco, Antonello Fino, Chiara Giatti, Antonella Lepone, Giuseppe Mazzilli, Valeria Parisi, Rita Sassu

Anno di fondazione: 2011

Michael TEICHMANN, Mario WALLNER, Eduard POLLHAMMER, Wolfgang NEUBAUER,
Hydrotechnik und Wassernutzung in der Zivilstadt von Carnuntum

Il contenuto risponde alle norme della legislazione italiana in materia di proprietà intellettuale ed è di proprietà esclusiva dell'Editore ed è soggetta a copyright.

Le opere che figurano nel sito possono essere consultate e riprodotte su supporto cartaceo o elettronico con la riserva che l'uso sia strettamente personale, sia scientifico che didattico, escludendo qualsiasi uso di tipo commerciale.

La riproduzione e la citazione dovranno obbligatoriamente menzionare l'editore, il nome della rivista, l'autore e il riferimento al documento. Qualsiasi altro tipo di riproduzione è vietato, salvo accordi preliminari con l'Editore.

Edizioni Quasar di Severino Tognon s.r.l., via Ajaccio 41-43, 00198 Roma (Italia)

<http://www.edizioniquasar.it/>

ISSN 2279-7297

Tutti i diritti riservati

Come citare l'articolo:

M. TEICHMANN, M. WALLNER, E. POLLHAMMER, W. NEUBAUER,
Hydrotechnik und Wassernutzung in der Zivilstadt von Carnuntum

Thiasos 11, 2022, pp. 97-107

Gli articoli pubblicati nella Rivista sono sottoposti a referee nel sistema a doppio cieco.



HYDROTECHNIK UND WASSERNUTZUNG IN DER ZIVILSTADT VON CARNUNTUM

Michael Teichmann¹, Mario Wallner², Eduard Pollhammer³, Wolfgang Neubauer²

Keywords: Carnuntum, Hydrotechnik, Städtische Infrastruktur, Geophysikalische Prospektion, *thermae, fullonica*

Keywords: Carnuntum, Hydraulic Engineering, Urban Infrastructure, Geophysical Prospection, *thermae, fullonica*

Abstract

The paper discusses the hydraulic engineering and water management of the civil town of Carnuntum (Roman province of Pannonia – Austria). The actual state of research, which is primarily based on excavation results, is presented. Geophysical prospection data, collected in the course of the ‘ArchPro Carnuntum’ project, is used for additional analyses. Various anomalies point to building structures related to the provision of fresh water (a potential well and fountain and water conduits), the management of wastewater (sewers) and buildings that are interpreted as bath complexes (thermae) and a fuller’s workshop (fullonica).

Der Aufsatz ist der hydrologischen Infrastruktur der Zivilstadt von Carnuntum (in der Provinz Pannonien im heutigen Österreich) gewidmet. Einleitend wird der aktuelle, weitgehend auf Grabungsergebnisse gestützte Forschungsstand vorgestellt. Im Anschluss werden die Ergebnisse vertiefender Analysen von geophysikalischen Prospektionsdaten vorgestellt, die im Zuge des ‘ArchPro Carnuntum’ Projekts gesammelt wurden. Anomalien lassen auf die Präsenz von Befunden schließen, die im Zusammenhang mit der Frischwasserversorgung (mögliche Brunnen, Wasserleitungen), der Abwasserableitung (Abflusskanäle) und mit Spezialbauten wie Bädern (thermae) und einer Wäscherei (fullonica) stehen.

Zum Projekt

Das ‘ArchPro Carnuntum’-Projekt schuf einen einzigartigen Datensatz für die detaillierte Erforschung einer der wichtigsten archäologischen Stätten Österreichs. Ziel des Projektes war es, durch den systematischen und integrierten Einsatz zerstörungsfreier nicht-invasiver archäologischer Prospektionsmethoden, aufbauend auf den bisherigen Vorarbeiten, ein nachhaltiges, wissenschaftsbasiertes Management der archäologischen Landschaft Carnuntum zu erarbeiten. Das Projekt wurde vom Ludwig Boltzmann Institut für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie (LBI ArchPro), der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) und dem Vienna Institute for Archaeological Science (VIAS) mit Förderungsmitteln des Landes Niederösterreich und in Kooperation mit der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) durchgeführt. Besonderes Gewicht kam der Geomagnetik und dem Bodenradar zu. Die Ergebnisse wurden in Form von Messbildern visualisiert. Im Zuge des Projekts wurde eine Fläche von etwa

¹ Michael Teichmann und Mario Wallner trugen zu gleichen Teilen zu dieser Publikation bei. Ludwig Boltzmann Institut für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie, Wien / Institut für Archäologie und Kulturanthropologie, Abteilung Klassische Archäologie mit Akademischem Kunstmuseum, Universität Bonn.

² Ludwig Boltzmann Institut für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie, Wien / Vienna Institute for Archaeological Science (VIAS), Wien.

³ Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung Kunst und Kultur, Archäologischer Park Carnuntum.



Abb. 1. Die Flur ‘Tiergartenbreite’ mit einer Visualisierung der Geomagnetik in einer Dynamik von -4 nT bis $+6$ nT, die Buchstaben geben die Verortung der im Beitrag näher behandelten Bereiche wieder. A = Brunnen, B = Abwasserkanäle, C = *fullonica*, D = Thermen).

830 ha mit Geomagnetik und von etwas mehr als 240 ha mittels Bodenradar hochauflösend erforscht. Auf der Flur ‘Tiergartenbreite’, die mehr als die Hälfte der Zivilstadt einnimmt, konnte antike Bausubstanz in sehr guter Erhaltung auf einer Fläche von knapp 14 ha bis in eine Tiefe von 2,5 m zerstörungsfrei dokumentiert werden (Abb. 1).

Anlagen des Wasserbaus waren essentielle Elemente römischer Stadtkultur. Die Verfügbarkeit von sauberem Trink- und Brauchwasser und Abwassermanagement waren Grundbedingungen für städtische Entwicklung⁴.

Fragen der Verwendung, Gewinnung, Zuleitung, Nutzung und Ableitung von Wasser in der Zivilstadt von Carnuntum stehen im Zentrum dieses Beitrags⁵. Forschungen zur Wasserversorgung Carnuntums konzentrierten sich bisher auf den Verlauf von Wasserleitungen außerhalb der Stadt⁶, das Legionslager⁷ und die zugehörigen *canabae*⁸ sowie das Gebiet der ‘Römerstadt Carnuntum’⁹. In diesem Aufsatz wird nun das Areal der Zivilstadt auf der Flur ‘Tiergartenbreite’ untersucht. In diesem Gebiet wurden bisher Fragen zum Wasserbau des Forums und der umliegenden Straßen¹⁰ sowie der Großen Thermen behandelt¹¹.

Außerdem sind Grabungen im 19. Jahrhundert und in den Jahren 1931 und 1938 südlich des Forums auf einer Fläche von etwa 7600 m² zu nennen¹². Hauptquelle für diesen Beitrag sind geophysikalische Prospektionsdaten, die im Zuge des ‘ArchPro Carnuntum’-Projekts in den Jahren 2012-2015 gesammelt wurden¹³.

⁴ MAYS 2010, 115.

⁵ Zum Projekt: TEICHMANN, WALLNER, NEUBAUER 2020.

⁶ KLING 1981, 14-15; NEDELIK, PETZNEK 2017.

⁷ NEDELIK, PETZNEK 2017.

⁸ KONECNY 2011a; GUGL, DONEUS 2011; DONEUS *et al.* 2013.

⁹ Mit dem Ziel einer Synthese: KONECNY 2012; MASCHEK 2011;

STIGLITZ 2011.

¹⁰ NEUBAUER, EDER-HINTERLEITNER 1997; POSCETTI 2016, 209-211.

¹¹ ÖLLERER 1998; SEDLMAYER 2015

¹² SCHEDIVY 1985, besonders Faltpfan 3

¹³ NEUBAUER *et al.* 2018.

Für die Analyse der Messbilder ist es für ein besseres Verständnis vorteilhaft, neben einer Textbeschreibung zusätzlich eine Umzeichnung der archäologisch relevanten Strukturen anzufertigen¹⁴.

Um die unterschiedlichen Visualisierungen miteinander vergleichen und die Einzelinterpretationen in Verbindung bringen zu können, ist neben einer annähernd ähnlichen Aufnahmeauflösung auch die Lagegenauigkeit der Visualisierungen entscheidend. Für die Positionierung der motorisierten geophysikalischen Messungen wurde eine Satellitennavigation (RTK GNSS) benutzt, die eine kontinuierliche Genauigkeit von 5 cm garantiert. In einem Geografischen Informationssystem (ArcGIS *esri*) können sämtliche Bildquellen übereinandergelegt und explorativ ausgewertet werden.

Bodenradar und Geomagnetik

Die Aufnahmen des Bodenradars wurden mit einem motorisierten Mehrkanalsystem mit einer Messauflösung von 8 cm sowohl in Fahrtrichtung als auch senkrecht durchgeführt. Die Messfrequenz lag bei 400 MHz. Aus den gemessenen Reflexionswerten wurde in der Datenprozessierung ein 3D-Datenwürfel berechnet, der in horizontale Datenscheiben zerschnitten werden kann. Diese Tiefscheiben zeigen detaillierte Informationen über die Intensitätswerte der Reflexionen, die wiederum in Graustufenbilder umgewandelt wurden¹⁵. Dieses Prospektionsverfahren eignet sich besonders gut, um stark reflektierende Körper wie Steinmauern, Wasserleitungen, Fußböden oder Gehwege bis in eine Tiefe von ca 2,5 m zu detektieren.

Geomagnetische Messungen wurden mit einem motorisierten Förster-Magnetometer, bei einem Sondenabstand von 25 cm und einem Messpunkt Abstand von ca. 10 cm in Fahrtrichtung durchgeführt. Die Messwerte wurden anschließend in ein georeferenziertes Graustufenbild umgewandelt. Für diese Abbildung wurden die Bildpunkte zwischen den tatsächlichen Messwerten linear interpoliert, um eine Bildauflösung von 10 x 10 cm pro Pixel zu erreichen. Geomagnetische Messbilder geben Aufschluss über unterschiedlich stark magnetisierte Befunde wie Gruben, Gräben, Stein- oder Ziegelmauern, Steinlagen von Fußböden oder Straßenkörpern, die im Messbild deutlich zu unterscheiden sind.

Hydrotechnik und Wassernutzung in der Zivilstadt. Wissensstand aufgrund der bisherigen Grabungsbefunde

Die ältesten Baustrukturen im Südosten der späteren Kolonie stammen aus der Zeit Domitians¹⁶. In dieser initialen Siedlungsphase wurde Wasser aus Brunnen gewonnen: Im Bereich der (späteren) Häuser IV b-c, V, Va und Vb, dem westlichen Bereich des späteren sog. Peristylhauses und vom Standort des neuen Besucherzentrums der 'Römerstadt Carnuntum' sind Ziehbrunnen dokumentiert, von denen einige mit rechteckigen, Holzverschalten Brunnenkästen, einige mit Holzfässern ausgekleidet waren¹⁷. Zusätzlich ist ein weiterer Brunnen vom Bauplatz der 'Großen Thermen' bekannt, der für ihre Errichtung in severischer Zeit aufgegeben wurde¹⁸.

Holzrohrleitungen aus dem späten 1. Jahrhundert und dem Beginn des 2. Jahrhunderts gehörten zu einem lokalen Wasserversorgungsnetz, durch das einzelne Grundstücke aus dem Grundwasserdargebot versorgt wurden¹⁹. Aufgrund einer durch Löss über alluvialen Bodenschotter, Lehm- und Tegelpackungen günstigen geologischen Beschaffenheit des Untergrunds konnte oberflächennahes Grundwasser bereits in geringer Tiefe durch die Anlage von Brunnen erreicht werden²⁰.

Die bedeutende Rolle von Wasser im Südosten der Zivilstadt lässt sich außer an den hydrotechnischen Bauten auch am Kult für Quellgottheiten und Nymphen in diesem Bereich erkennen²¹.

Aus späthadrianischer Zeit stammt ein Brunnen zur Versorgung der Thermen im Spaziergarten²². In der Zeit Hadrians wurde auch die sog. Südstraße erneut geschottert und im Zuge dieser Arbeiten eine neue Leitung in einem 0,4 m tiefen Graben entlang des Straßenrandes verlegt²³. Entlang der Weststraße wurde ein Wasserleitungsstrang in Stein in hadrianischer Zeit ausgeführt. Von einem gemauerten Becken an der Kreuzung mit der Südstraße ging eine in den Straßenhorizont gesetzte Freispiegelleitung ab²⁴.

¹⁴ DONEUS 2013, 229-330, NEUBAUER *et al.* 2018.

¹⁵ TRINKS *et al.* 2018.

¹⁶ KONECNY 2012, 167; CENCIC 2003, 109.

¹⁷ MASCHEK 2011, 38; KONECNY 2011b, 6; FUCHS, WEISSMANN 2012, 28.

¹⁸ ÖLLERER 1998, 122.

¹⁹ MASCHEK 2011, 38; FUCHS, WEISSMANN 2012, 30.

²⁰ KONECNY 2012, 168.

²¹ GUGL, DONEUS 2011, 114.

²² PACHER 2011.

²³ KONECNY 2012, 170.

²⁴ *Ibidem.*

Die urbane Blüte Carnuntums und die Erhebung der Stadt in den Rang einer *colonia* ging mit einer weiteren Modernisierung der Infrastruktur einher: Die Straßen wurden gepflastert und ein Abwasserentsorgungsnetz wurde mittig unter Straßen der Siedlung errichtet²⁵. Darüber hinaus sind drei Vorrichtungen zur Versorgung der Stadt mit Wasser der frühseverischen Ausbauphase sicher, drei weitere mit Wahrscheinlichkeit zuzuordnen²⁶. Sowohl die Thermenanlagen als auch Häuser im Bereich der ‘Römerstadt Carnuntum’ wurden von nun an von einer von Süden (aus dem Gebiet des heutigen Sportplatzes) kommenden Leitung mit Wasser versorgt²⁷. Eine Leitung aus der Gstettenbreite, die in späterer Zeit zum Fischteich im Tiergarten von Schloss Petronell führte²⁸, wurde vermutlich zur Wasserversorgung der ‘Großen Thermen’ in frühseverischer Zeit ausgeführt²⁹.

Regen- und Brauchwasser wurden in schmalen Gassen zwischen zwei Häusern bisweilen in kleinen Kanälen gesammelt und abgeleitet. Als Beispiel hierfür sei der Bereich zwischen Haus Va und Haus Vb genannt³⁰.

Nach einem schweren Erdbeben in der Mitte des 4. Jahrhunderts³¹ wurden Kanäle unter der Süd- und Oststraße aufgegeben, ausgerissen und bisweilen mit Schutt verfüllt³². Stattdessen sollte nun das Wasser über ein seichtes Gerinne abfließen.

Auswertung der archäologischen Prospektionsdaten

Aus den geophysikalischen Prospektionsdaten konnten drei Wasserleitungen identifiziert werden, welche die Zivilstadt von Carnuntum mit Nutzwasser versorgten. Eine Wasserleitung, die beim heutigen Besucherzentrum in die Stadt führte, kam aus dem Gebiet, in dem heute der Sportplatz Petronells liegt³³. Eine weitere entspringt ebenfalls außerhalb der Stadt und führt zwischen der Gladiatorenschule und dem Amphitheater II hindurch³⁴. Sie dürfte durch ein Nebentor nahe der *mansio* ihr Wasser in die Stadt eingespeist haben.

Auch in der Flur Gstettenbreite können mehrere Sickerschächte erkannt werden, welche sich nahe der ‘Tiergartenmauer’ vereinen und im Bereich des heutigen ‘Fischteiches’ unter der Stadtmauer hindurchführen³⁵. Diese Wasserleitung dürfte sowohl eine neu entdeckte *fullonica* als auch die ‘Große Therme’ versorgt haben.

Im Messbild sind Hinweise auf Brunnen – verglichen mit der relativ großen Zahl von aus Grabungen bekannten Brunnen – rar. Einzelne Strukturen könnten aufgrund ihrer annähernd runden oder ovalen Form vielleicht als Brunnen zu deuten sein. Einer dieser potentiellen Brunnen findet sich im Südwesten der Messfläche in der Nähe einer Straßenkreuzung (Abb. 1: A; im Zentrum von Abb. 2). Hölzerne Brunnen zeichnen sich weder in den magnetischen Prospektionsdaten, noch in den Radardaten ab.

Im Messbild sind bei sämtlichen Hauptstraßen zwei parallele Mauerfassungen zu erkennen, zwischen denen sich leicht absorbierendes Füllmaterial befindet. Die Mauerstrukturen könnten die seitlichen Einfassungen der Abwasserkanäle darstellen, welche sich im zentralen Bereich entlang der Straßenachse befinden und deren einstige Pflasterabdeckung entfernt wurde (Abb. 3). Der Verlauf einer innerstädtischen Wasserleitung entlang einer Hauptstraße lässt an die Wasserleitungen in Aquincum denken³⁶, wobei dort das Wasser oberirdisch geleitet wurde.

Südlich des Forums liegen parallel zueinander zwei rechteckige Strukturen mit Maßen von etwa 3 x 7 m. Die westliche Struktur lag an einem Tempelvorplatz, die östliche an einer Straßenkreuzung. Vielleicht handelt es sich um repräsentative Brunnenbecken (Abb. 3: B). Für eine solche Interpretation spricht ihre Lage, da für Kulthandlungen Wasser gebraucht wurde und sich eine Kreuzung sowohl unter repräsentativen als auch unter praktisch-urbanistischen Aspekten als Standort für einen Brunnen geeignet hätte. Eine Brunnenschale aus Marmor wurde am Forum von Virunum gefunden und weist darauf hin, dass dort ein Brunnen gestanden hat³⁷. Im Messbild sind allerdings keine Hinweise auf Wasserleitungen zu erkennen. Vielleicht könnte es sich bei den beiden Strukturen auch um Schreine, Nebenräume oder Treppenanlagen gehandelt haben³⁸.

Im Nordwesten der Flur ‘Tiergartenbreite’ weisen Anomalien auf Strukturen hin, die vielleicht als *fullonica* zu deuten sind³⁹.

²⁵ KONECNY 2012, 173.

²⁶ *Ibidem*.

²⁷ MASCHEK 2009, 30-31; MASCHEK 2011, 38.

²⁸ KONECNY *et al.* 2021.

²⁹ SWOBODA-MILENOVIC 1957; ÖLLERER 1998; SEDLMAYER 2017.

³⁰ KONECNY 2011b, 6.

³¹ KONECNY, HUMER, DECKER 2019.

³² KONECNY 2011b, 8.

³³ NEUBAUER *et al.* 2018, 67.

³⁴ *Ibidem*.

³⁵ KONECNY 2013.

³⁶ GROH *et al.* 2014, 379.

³⁷ DOLENZ 2018, 76-77.

³⁸ Zu alternativen Deutungen: NEUBAUER *et al.* 2002, Abb. 12-13; POSCETTI 2016, 215.

³⁹ Zu *fullonicae* und zum Waschprozess: USCATESCU 1994; FLOHR 2013.

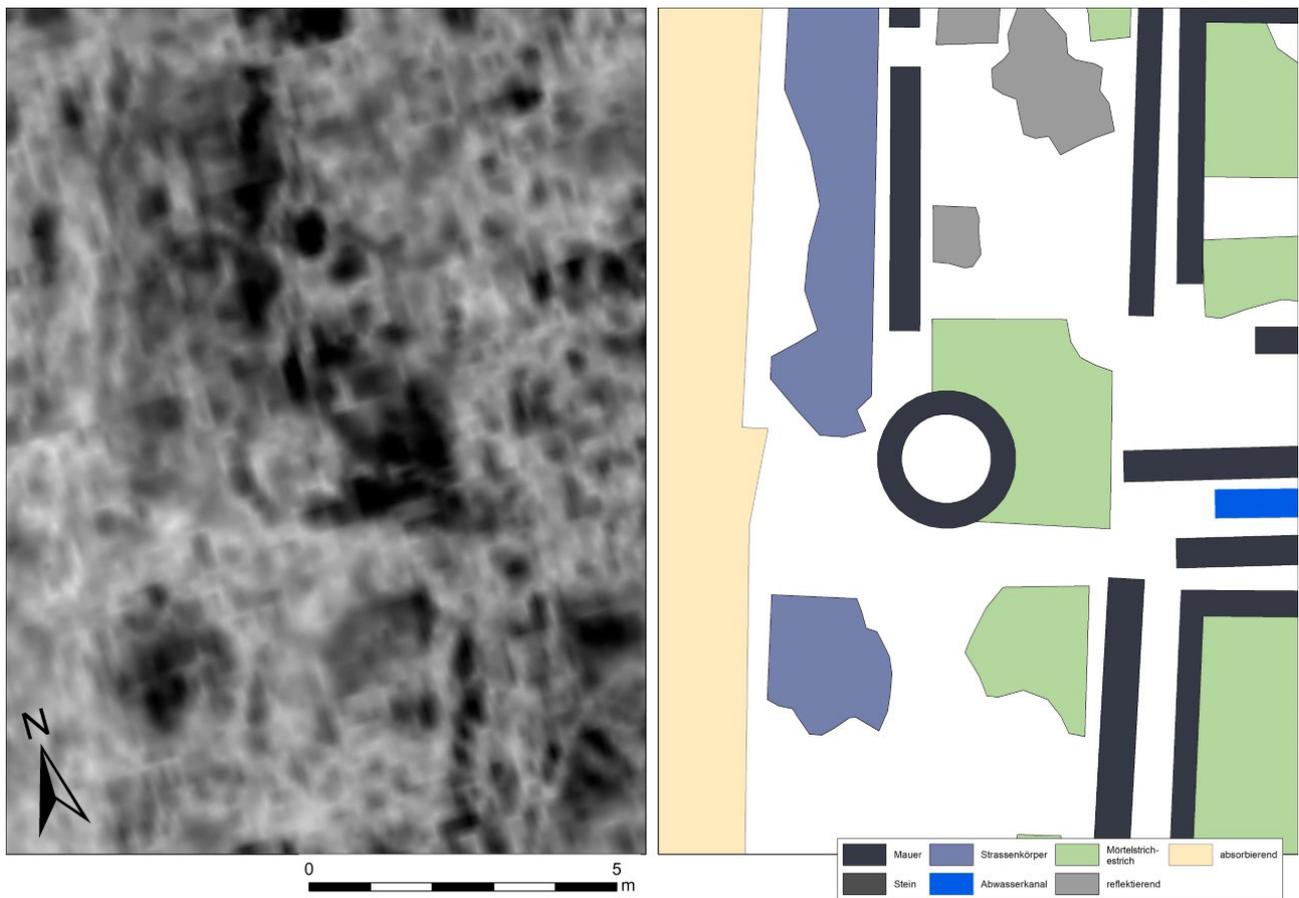


Abb. 2. Die Visualisierung der Bodenradardaten in einem Tiefenbereich von 50-100 cm (links) und die archäologische Gesamtinterpretation der geophysikalischen Messdaten (rechts) zeigt einen annähernd runden helleren Bereich welcher als Brunnen interpretiert wurde (Vgl. Abb. 1: A).

Der Begriff *fullonica* wird für eine Wäscherei verwendet. Im Zuge des Waschvorgangs wurden Textilien zuerst unter Zugabe chemischer Substanzen in Wannen mit Händen und Füßen eingeweicht und bearbeitet und dann mit klarem Wasser gespült. Sofern mehr als ein Becken vorhanden war, konnten die Kleidungsstücke einen mehrstufigen Spülvorgang durchlaufen. Zum Schluss wurde die Wäsche getrocknet und konnte zusätzlich – als extra Leistung – durch Kämmen und Pressen zur Übergabe an den Kunden vorbereitet werden⁴⁰. Die meisten *fullonicae* sind aus den Städten am Fuße des Vesuvs und aus Ostia bekannt.

Betriebe mit mehreren miteinander kommunizierenden Becken und in den Boden eingelassenen Wannen lassen sich nach übereinstimmender Forschungsmeinung mit großer Wahrscheinlichkeit als *fullonicae* deuten⁴¹.

Beim Befund in Carnuntum liegen in einem von einer Mauer umgebenen rechteckigen Areal drei etwa rechteckige Anomalien, die als Becken gedeutet werden (A in Abb. 4). Vom nördlichsten Becken ist eine Zuleitung in das mittlere Becken zu erkennen. Bei dem Areal sind auch mehrere als Leitungen gedeutete Anomalien zu sehen, die zur Zu- und Ableitung des Wassers gedient haben könnten.

Drei weitere, annähernd ovale bis runde, nahe beieinander liegende Anomalien in der Nordostecke des Areals (B in Abb. 4) könnten als in den Boden eingelassene Wannen zum Stampfen der Wäsche (*fulling stalls*) gedeutet werden⁴². An der Südwand des Areals liegt eine halbrunde Mauerstruktur, die möglicherweise ebenfalls eine Wanne einfasste. Flächen ohne Baustrukturen könnten zum Trocknen und Glätten der Wäsche (C in Abb. 4) und zum Verkehr mit den Kunden (D in Abb. 4) gedient haben. Somit kann der Befund aufgrund eines typologischen Vergleichs wahrscheinlich als *fullonica* gedeutet werden⁴³.

⁴⁰ USCATESCU 1994, 43-45; WILSON 2000, 143; FLOHR 2013.

⁴¹ WILSON 2003, 444; FLOHR 2013, 22-23.

⁴² Zu *fulling stalls* und zum *saltus fullonicus*: PIETROGRANDE 1976,

81; USCATESCU 1994, 30-32.

⁴³ Für eine detaillierte Befundanalyse: TEICHMANN *et al.* 2022.



Abb. 3. Visualisierung der Bodenradardaten in einem Tiefenbereich von 50-100 cm (oben links) und des Tiefenbereiches von 100-150 cm (oben rechts). Abbildung der Geomagnetik (links unten) in einer Dynamik von -4 nT bis $+6$ nT. In der archäologischen Gesamtinterpretation (unten rechts) sind die sich zentral im Strassenkörper befindlichen Abwasserkanäle deutlich zu erkennen. A = Kurie am Forum, B = mögliche Brunnen, C = Abwasserkanäle entlang der Straßen.

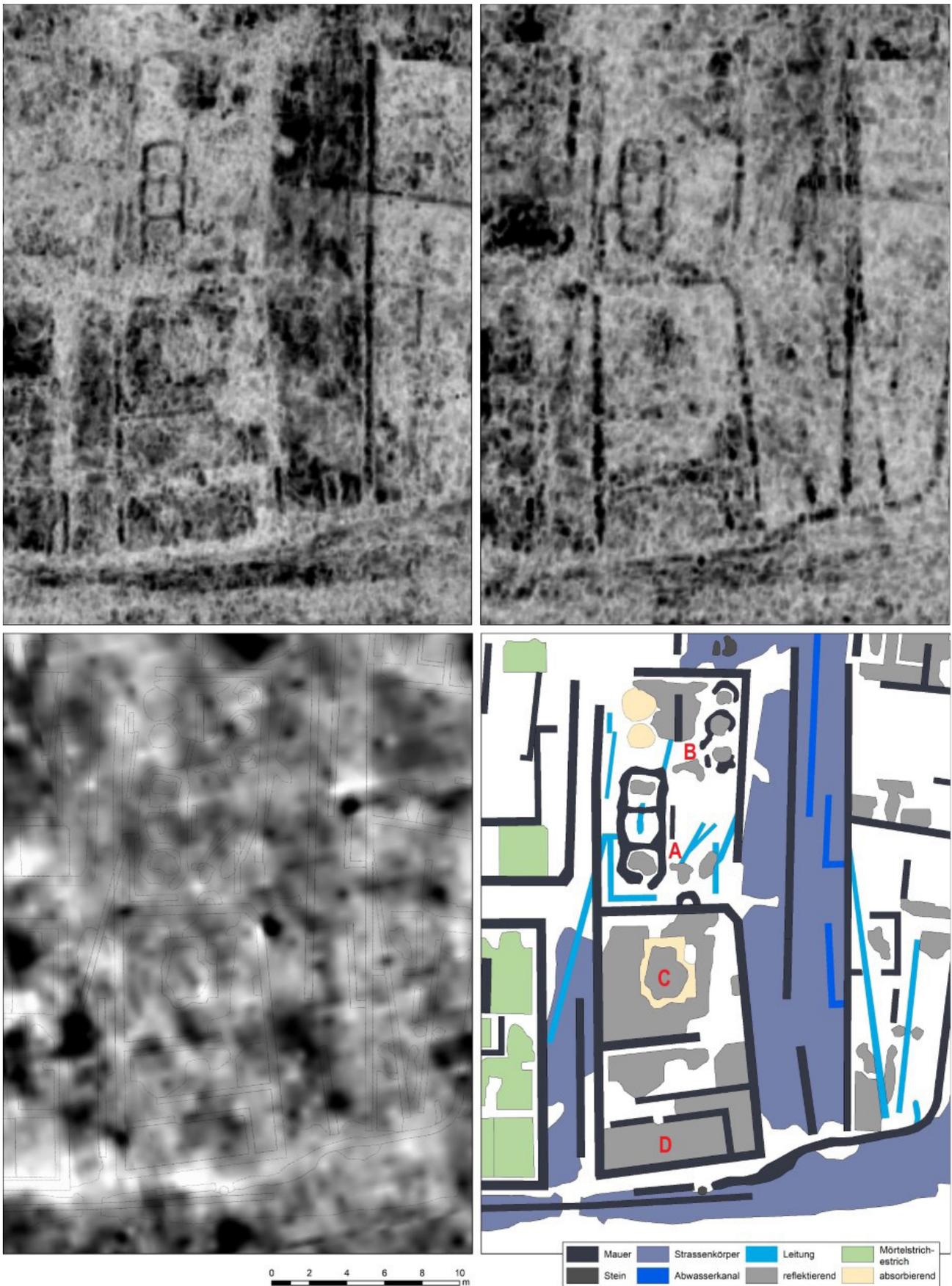


Abb. 4. Visualisierung der Bodenradardaten in einem Tiefenbereich von 50-100 cm (oben links) und des Tiefenbereiches von 100-150 cm (oben rechts). Abbildung der Geomagnetik (links unten) in einer Dynamik von -4 nT bis +6 nT. Die archäologische Gesamtinterpretation der beiden Messmethoden (unten rechts) zeigt mehrere miteinander verbundene Becken und in den Boden eingelassene Wannen einer *fullonica* (vgl. Abb. 1: C).

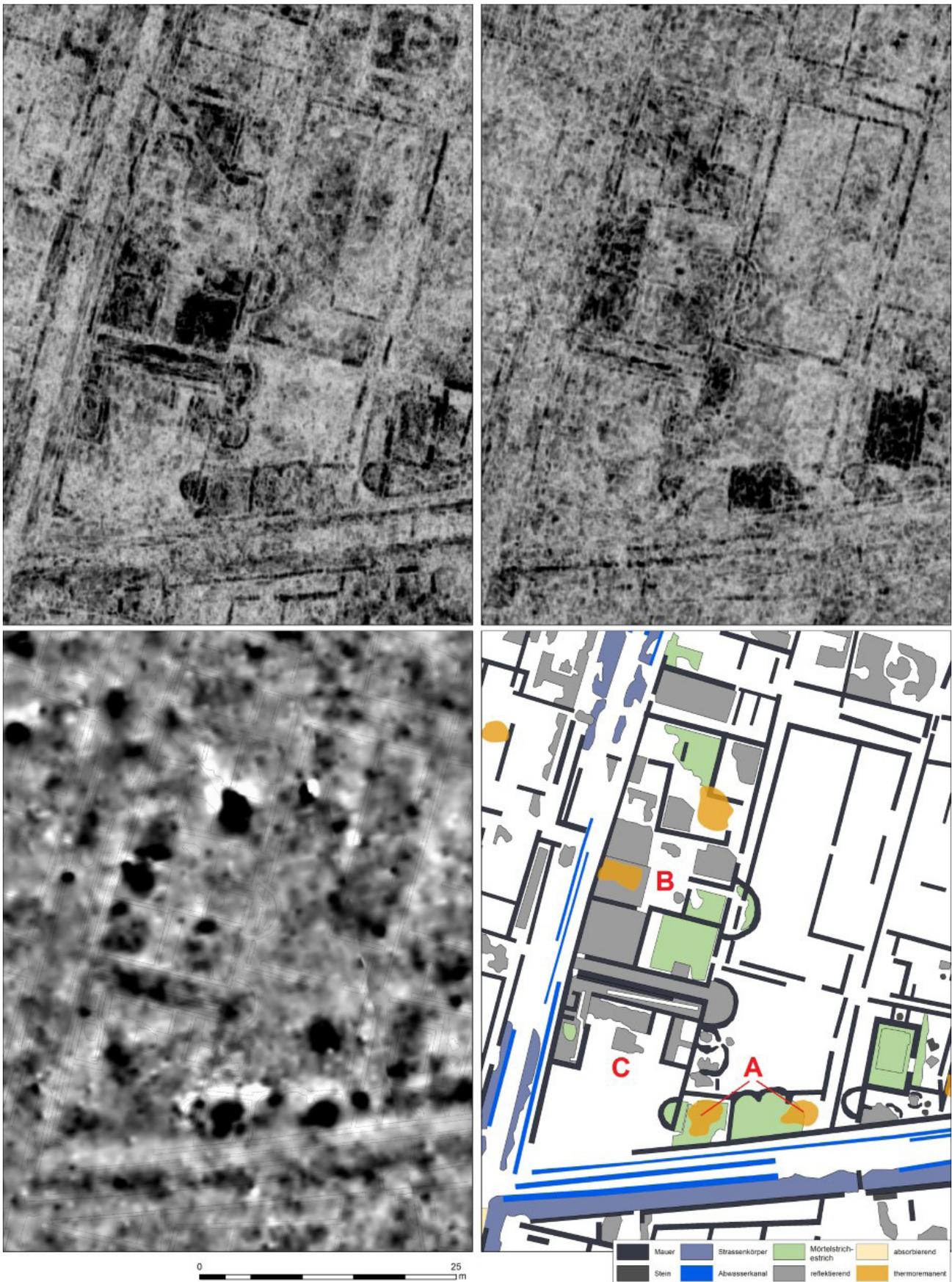


Abb. 5. Visualisierung der Bodenradar-daten in einem Tiefenbereich von 50-100cm (oben links) und des Tiefenbereiches von 100-150cm (oben rechts). Abbildung der Geomagnetik (links unten) in einer Dynamik von -4 nT bis +6 nT. Die archäologische Gesamtinterpretation der beiden Messmethoden (unten rechts) zeigt deutlich die sich ergänzenden Ergebnisse der angewandten Prospektionsmethoden, welche als Thermenanlage interpretiert wurde (vgl. Abb. 1: D).

Typische Elemente von Thermen sind Apsiden und mit Hypokaustheizung ausgestattete Räume⁴⁴. Im Messbild sind Baukomplexe mit diesen Charakteristika zu erkennen, besonders bei zwei oder möglicherweise drei Komplexen könnte es sich um Thermen gehandelt haben (Abb. 5). Zum einen ist eine ungewöhnliche Häufung apsidialer Strukturen in den Radardaten zu beobachten, zum anderen lässt sich eine thermoremanente Magnetisierung an mehreren Stellen im magnetischen Messbild beobachten. Letztere sind klare Indizien für die Beheizung der Anlagen. Ein möglicher kleinerer Thermenkomplex liegt nahe dem unteren Rand der Abbildung an einem *decumanus*. Zu dieser Anlage gehören zwei sich nach Norden und eine sich nach Westen öffnende Apsiden sowie Hinweise auf zwei beheizte Bereiche (A in Abb. 5).

Eine oder zwei größere Anlagen erstreckten sich direkt nordwestlich. Diese Anlagen waren an einem *cardo* gelegen. Mehrere Apsiden, die sich hier nach Osten öffnen, werden von großen beheizten Räumen flankiert (B und C in Abb. 5). Eine Interpretation als Thermenanlagen ist möglich, aber nicht alternativlos, da sich Apsiden und mit Fußbodenheizung versehene Räume auch – besonders in der Spätantike – in der repräsentativen Wohnarchitektur finden. Bei Altgrabungen wurde in der ‘Tiergartenbreite’ bereits eine Thermenanlage ergraben⁴⁵. Generell ist für die Zivilstadt von Carnuntum sowohl von der Existenz mehrerer repräsentativer *domus* als auch von mehreren weiteren Thermen auszugehen.

Schlussbetrachtungen und Ausblick

Die geophysikalischen Prospektionsdaten von Carnuntum ermöglichen einen tieferen Einblick in die hydrotechnische Infrastruktur der Stadt: Zusätzliche Erkenntnisse konnten zu unterschiedlichen Aspekten des Umgangs mit und der Nutzung von Wasser in der Stadt gewonnen werden. Zuleitungen in die Stadt sind ebenso zu erkennen wie Leitungen zur Ableitung von Brauchwasser. Brunnenanlagen, die in der frühen Phase der Siedlung für die Wasserversorgung von großer Bedeutung gewesen sein dürften, lassen sich im Messbild hingegen kaum erkennen. Mehrere potentielle Thermenanlagen können aufgrund der häufig bei Bädern anzutreffenden Apsiden in Verbindung mit beheizbaren Räumen für lauwarme und warme Bäder als solche angesprochen werden. Ein für die Nordprovinzen sehr seltener und in geophysikalischen Prospektionsdaten wohl erstmals entsprechend interpretierter Befund, ist eine als *fullonica* gedeutete Struktur. Methodisch zeigt der hier vorgestellte Ansatz Perspektiven für eine flächige Erforschung infrastruktureller Fragestellungen antiker Stadtlandschaften. In einem nächsten Interpretationsschritt wäre ein Vergleich der hydrotechnischen Infrastruktur, sowohl gestützt auf Grabungsbefunde als auch auf die Prospektionsdaten mit der Infrastruktur benachbarter Städte in der Region wünschenswert⁴⁶.

Danksagung

Michael Teichmanns Forschung am LBI für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie wurde durch ein Postdoc-Kurzstipendium des Deutschen Akademischen Austauschdienstes gefördert. Zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Beitrags erfolgte eine Förderung des Autors durch die Fritz Thyssen Stiftung. Beiden Institutionen sei herzlich gedankt. A. Konecny und C. Gugl ist für Diskussionen zum Thema zu danken.

Das Ludwig Boltzmann Institut für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie (archpro.lbg.ac.at) beruht auf einer internationalen Kooperation der Ludwig Boltzmann

Gesellschaft (A), des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung (A), der Universität Wien (A), der Technischen Universität Wien (A), der ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (A), Airborne Technologies (A), 7reasons (A), des RGZM Mainz – RömischGermanisches Zentralmuseum Mainz (D), NIKU – Norwegian Institute for Cultural Heritage (N) und Vestfold og Telemark fylkeskommune – Kulturarv (N).

⁴⁴ BRÖDNER 1983, 99-106.

⁴⁵ SCHEDIVY 1985, Faltpan 3.

⁴⁶ TEICHMANN *et al.* in Vorbereitung.

Literatur

- BRÖDNER 1983 = BRÖDNER E., *Die römischen Thermen und das antike Badewesen*, Darmstadt 1983.
- CENCIC 2003 = CENCIC J., *Römische Wohnbauten in Carnuntum*, in *Carnuntum Jahrbuch* 2003, 9-116.
- DOLENZ 2018 = DOLENZ H., *Ein quellwasserführender Kanal östlich der zentralen Area Sacra von Virunum*, in *Rudolfinum, Jahrbuch des Landesmuseums Kärnten* 2017, 2018, 75-87.
- DONEUS 2013 = DONEUS M., *Die hinterlassene Landschaft. Prospektion und Interpretation in der Landschaftsarchäologie*, Mitteilungen der Prähistorischen Kommission der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 78, Wien 2013.
- DONEUS et al. 2013 = DONEUS M., GUGL C., DONEUS N., *Die Canabae von Carnuntum. Eine Modellstudie der Erforschung römischer Lagervorstädte. Von der Luftbildprospektion zur siedlungsarchäologischen Synthese. Der römische Limes in Österreich*, Wien 2013.
- FLOHR 2013 = FLOHR M., *The World of the Fullo. Work, Economy and Society in Roman Italy*, Oxford Studies on the Roman Economy, Oxford 2013.
- FUCHS, WEISSMANN 2012 = FUCHS D., WEISSMANN B., *Haus IV der Zivilstadt Carnuntum*, in *Acta Carnuntina* 2/1/2012, 28-35.
- GROH et al. 2014 = GROH S., LÁNG O., SEDLMAYER H., ZSIDI P., *Neues zur Urbanistik der Zivilstädte von Aquincum-Budapest und Carnuntum-Petronell, Auswertung und archäologische Interpretation der geophysikalischen Messungen 2011 und 2012*, in *Acta Archaeologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 65, 2014, 361-404.
- GUGL, DONEUS 2011 = GUGL C., DONEUS M., *Zur Wasserversorgung der Canabae Legionis und des Legionslagers von Carnuntum*, in HUMER, KONECNY 2011, 107-120.
- HUMER, KONECNY 2011 = HUMER F., KONECNY A. (Hrsg.), *Römische Thermen. Forschung und Präsentation, Akten des internationalen Kolloquiums, veranstaltet vom Archäologischen Park Carnuntum und der Gesellschaft der Freunde Carnuntums* 17. – 18. September 2009, in der Kulturfabrik Hainburg, Horn 2011.
- KLING 1981 = KLING A., *Die römischen und mittelalterlichen Wasserversorgungen von Wien*, Frontinus-Schriftenreihe 5, 1981, 11-16.
- KONECNY 2011a = KONECNY A., *Die Thermenanlage im Freilichtmuseum „Spaziergarten“ in der Zivilstadt von Carnuntum*, in HUMER, KONECNY 2011, 11-21.
- KONECNY 2011b = KONECNY A., *Die Grabungen in Haus V in der Zivilstadt Carnuntum*, in *Acta Carnuntina* 1/1-2/2011, 4-15.
- KONECNY 2012 = KONECNY A., *Neues zur Wasserversorgung im alten Carnuntum*, in *Carnuntum Jahrbuch* 2012, 167-183.
- KONECNY 2013 = KONECNY A., *Neues aus der Zivilstadt Carnuntum: Die Grabungen an der Stadtmauer im Fischteich von Schloss Petronell*, in *Acta Carnuntina* 3, 1, 2013, 4-9.
- KONECNY, HUMER, DECKER 2019 = KONECNY A., HUMER F., DECKER K. (Hrsg.), *Das Carnuntiner Erdbeben im Kontext, Akten des III. internationalen Kolloquiums* 17. – 18. Oktober 2013, St. Pölten 2019.
- KONECNY et al. 2021 = KONECNY A., HUMER F., RADBAUER S., GUGL C., IGL R., FUCHSHUBER N., *Zwei Infrastruktureinrichtungen des römischen Carnuntum: der Aqädukt in der Flur Gstettenbreite und die Limesstraße*, in *Carnuntum Jahrbuch* 2020, 2021, 11-36.
- MASCHEK 2009 = MASCHEK D., *Archäologie und Bauforschung im Bereich von „Haus IV b-c“ der Zivilstadt Carnuntum: Ergebnisse der Grabungskampagne 2009*, in *Archäologie Österreichs* 21/1, 29-31.
- MASCHEK 2011 = MASCHEK D., *Die Therme der Zivilstadt im Archäologischen Park Carnuntum in ihrem urbanistischen Kontext: Neue Befunde zur Parzellierung und Wasserversorgung des Wohnstadtviertels*, in HUMER, KONECNY 2011, 33-45.
- MAYS 2010 = MAYS L.W., *A Brief History of Roman Water Technology*, in MAYS L.W. (Hg.), *Ancient Water Technologies*, New York 2010, 115-137.
- NEDELIK, PETZNEK 2017 = NEDELIK A., PETZNEK B., *Die Fernwasserleitung zum Legionslager Carnuntum. Auf den Spuren eines antiken Desasters*, in *Römisches Österreich* 40, 2017, 117-204.
- NEUBAUER, EDER-HINTERLEITNER 1997 = NEUBAUER W., EDER-HINTERLEITNER A., *Resistivity and Magnetics of the Roman Town Carnuntum/Austria: An Example of Combined Interpretation of Prospection Data*, in *Archaeological Prospection* 4, 1997, 179-189.
- NEUBAUER et al. 2002 = NEUBAUER W., A. EDER-HINTERLEITNER A., SEREN S., MELICHAR P., *Georadar in the Roman Civil Town Carnuntum / Austria: An approach on archaeological interpretation of GPR data*, in *Archaeological Prospection* 9, 2002, 135-156.

- NEUBAUER *et al.* 2018 = NEUBAUER W., WALLNER M., GUGL CH., LÖCKER K., VONKILCH A., TRAUSMUTH T., NAU E., JANS A V., WILDING J., HINTERLEITNER A., TRINKS I., DONEUS M., VERHOEVEN G., DONEUS N., SCHIEL H., TOTSCHNIG R., FILZWIESER R., SANDICI V., SCHNEIDHOFER P., TENCER T., GABLER M., FLÖRY S., KAINZ J., KUCERA M., LUGMAYR A., ALDRIAN L., KRÖHL M., POSCETTI V., MARKUSSEN CH., ZITZ T., SEREN S., MANOJLOVIC R., SAEY T., VAN MEIRVENNE M., HUMER F., *Zerstörungsfreie archäologische Prospektion des römischen Carnuntum. Erste Ergebnisse des Forschungsprojekts "ArchPro Carnuntum"*, in *Carnuntum Jahrbuch* 2017, 2018, 55-75.
- ÖLLERER 1998 = ÖLLERER C., *Zum Forschungsstand der sogenannten Palastruine (Große Therme) von Carnuntum*, in *Carnuntum Jahrbuch* 1998, 54-132.
- PACHER 2011 = PACHER M.W., *Eine Brunnenstube aus der Therme im Freilichtmuseum Petronell-Carnuntum*, in HUMER, KONECNY 2011, 23-32.
- PIETROGRANDE 1976 = PIETROGRANDE A.L., *Scavi di Ostia VIII. Le fulloniche*, Roma 1976.
- POSCETTI 2016 = POSCETTI V., *GIS-based archaeological interpretation techniques für Ground Penetrating Radar data* (unpublierte Dissertation Wien 2016).
- SCHEDIVY 1985 = SCHEDIVY E., *Plan der Zivilstadt von Carnuntum. Ein Rekonstruktionsversuch ihrer Ausdehnung und ihres Straßennetzes aufgrund der bisherigen Ausgrabungen und Luftbildaufnahmen*, in *Carnuntum Jahrbuch* 1985, 111-118.
- SEDLMAYER 2017 = SELDMAYER H., *Große Thermen, Palästra, Macellum und Schola im Zentrum der Colonia Carnuntum*, *Zentraleuropäische Archäologie* 5, Wien 2017.
- STIGLITZ 2011 = STIGLITZ H., *Zur Wasserversorgung der Zivilstadt von Carnuntum*, in HUMER, KONECNY 2011, 101-105.
- SWOBODA-MILENOVIC 1957 = SWOBODA-MILENOVIC R.M., *Grabungen 1957*, in *Carnuntum Jahrbuch* 1957, 21-47.
- TEICHMANN, WALLNER, NEUBAUER 2020 = TEICHMANN M., WALLNER M., NEUBAUER W., *Die Wasserversorgung der Zivilstadt von Carnuntum. Überlegungen zur Aussagekraft geophysikalischer Prospektionsdaten*, in *Forum Archaeologiae* 94/III/2020 (<http://farch.net>)
- TEICHMANN *et al.* 2022 = TEICHMANN M., WALLNER M., POLLHAMMER E., NEUBAUER W., *Untersuchungen zu einer möglichen fullonica in der Zivilstadt von Carnuntum*, in *Archäologisches Korrespondenzblatt* 52, 1, 2022, 113-125.
- TEICHMANN *et al.* (in Vorbereitung) = TEICHMANN M., WALLNER M., POLLHAMMER E., NEUBAUER W., *Wasser und seine Nutzung in der Zivilstadt von Carnuntum. Überlegungen zur Aussagekraft geophysikalischer Prospektionsdaten*.
- TRINKS *et al.* 2018 = TRINKS I., HINTERLEITNER A., NEUBAUER W., NAU E., LÖCKER K., WALLNER M., GABLER M., FILZWIESER M.R., WILDING J., SCHIEL H., JANS A V., SCHNEIDHOFER P., TRAUSMUTH T., SANDICI V., RUSS D., FLÖRY S., KAINZ J., KUCERA M., VONKILCH A., TENCER T., GUSTAVSEN L., KRISTIANSEN M., BYE-JOHANSEN L.-M., TONNING C., ZITZ T., PAASCHE K., GANSUM T., SEREN S., *Large-area high-resolution ground-penetrating radar measurements for archaeological prospection*, in *Archaeological Prospection* 25 (3), 2018, 171-195.
- USCATESCU 1994 = USCATESCU A., *Fullonicae y Tinctoriae en el mundo Romano*, *Cornucopia* 1, Barcelona 1994.
- WILSON 2003 = WILSON A., *The Archaeology of the Roman fullonica*, in *Journal of Roman Archaeology* 16.2, 2003, 442-446.

