



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Bereich DMM - Abteilung Geophysik  
Archeo Prospections®



# ARCHÄOLOGISCH-GEOPHYSIKALISCHE PROSPEKTION WEYREGG AM ATTERSEE

*Endbericht*

*2017*

MESSUNG

Klaus Löcker, Mag. Ralf Totschnig, Hannes Schiel, MA

GEOPHYSIKALISCHE AUSWERTUNG

Klaus Löcker, DI Alois Hinterleitner

ARCHÄOLOGISCHE AUSWERTUNG UND BERICHT

Klaus Löcker, Mag. Ralf Totschnig, Hannes Schiel, MA

GAG 15023

## INHALTSVERZEICHNIS

Fragestellung.....	3
Gewählte Methodik.....	4
Grundlagen der Magnetik für archäologische Anwendungen.....	5
Messmethode.....	5
Auswertung.....	6
Grundlagen des Georadars.....	7
Messmethode.....	7
Auswertung.....	8
Durchführung der Messung und Auswertung.....	11
Magnetik.....	11
Georadar.....	13
Archäologische Interpretation und Ergebnisse.....	15
Magnetik .....	15
Georadar .....	16

ARCHEO PROSPECTIONS®  
2526, 2506

ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK  
Hohe Warte 38  
A-1190 Wien

Tel: +43 1 36 0 26

Fax: +43 1 368 66 21  
e-mail: [archeoprospections@zamg.ac.at](mailto:archeoprospections@zamg.ac.at)

## FRAGESTELLUNG

Die ZAMG wurde beauftragt im Bereich einer bekannten römischen Villa geophysikalische Untersuchungen durchzuführen um die Ausmaße dieser Villa bestimmen zu können, sowie um herauszufinden ob in den unbebauten Flächen um dieses Gebäude mögliche Nebengebäude noch vorhanden sind. Zusätzlich war von Interesse ob die genaue Lage des ehemaligen Schlosses von Weyregg zu finden wäre und falls dieses gelingen würde ob noch Mauerreste oder Ähnliches vorhanden sein würden. Die Messung im fanden von 2015 bis 2017 statt.



Abb. 1: Lageplan der Messflächen in Weyregg.

## GEWÄHLTE METHODIK

Geophysikalische Prospektionsmethoden haben sich im letzten Jahrzehnt zu einem unerlässlichen Hilfsmittel der Archäologie entwickelt. Von den zahlreichen Methoden haben sich besonders die Magnetik, die Bodenwiderstandsmessung und das Bodenradar in der archäologischen Anwendung bewährt<sup>1</sup>. Sie ermöglichen es, im Boden verborgene Strukturen durch die Messung von physikalischen Eigenschaften des Untergrundes zu erfassen und darzustellen. Für archäologische Anwendungen werden eigene Messkonfigurationen verwendet, mit denen eine flächige, rasterförmige Erkundung mit Messpunktabständen von unter einem Meter in kurzer Zeit möglich ist. Für die Auswertung der großen Datenmengen werden Verfahren der digitalen Bildverarbeitung herangezogen<sup>2</sup>.

Die Leistungsfähigkeit der einzusetzenden Methoden wird vor allem durch den Kontrast der physikalischen Eigenschaften des Bodens im Vergleich zu den archäologischen Strukturen bestimmt. Erfahrungsgemäß können durch die magnetische Prospektion viele archäologische Strukturen (Gruben, Gräben, Herdstellen, Öfen, Mauern, Wege, Pfostengruben, Palisadengräben etc.) erfasst werden. Die zur Verfügung stehenden Cäsium- und Fluxgategradiometer zur magnetischen Prospektion stellen in den vorhandenen Konfigurationen die weltweit effizientesten Geräte zur archäologischen Prospektion dar. Eine erste Auswertung der Messdaten erfolgt bereits vor Ort und dient der Planung des weiteren Vorgehens. Für die weitere Auswertung der großen Datenmengen werden leistungsfähige Rechner und eigens entwickelte Software verwendet. Die visualisierten Daten der einzelnen Messungen werden kombiniert und gemeinsam archäologisch interpretiert.

---

1 NEUBAUER W., Magnetische Prospektion in der Archäologie. Mitteilungen der Prähistorischen Kommission 44, 2001.

NEUBAUER W., EDER-HINTERLEITNER A., MELICHAR P., STEINER R., Improvements in high resolution archaeological magnetometry. *Prospezioni Archeologiche* 11, 2001, 113 - 134.

2 SCOLLAR I., TABBAGH A., HESSE A., HERZOG I., *Archaeological Prospecting and Remote Sensing. Topics in Remote Sensing* 2, Cambridge University Press, Cambridge 1990.

## GRUNDLAGEN DER MAGNETIK FÜR ARCHÄOLOGISCHE ANWENDUNGEN

### Messmethode

Die Magnetische Prospektion beruht auf hochauflösenden Messungen der Totalintensität des Erdmagnetfeldes<sup>3</sup>. Die Einheit, in der die Feldstärke ausgegeben wird, ist das Nanotesla (nT). Die einzelnen Messwerte werden in einem rechteckigen Raster alle 50 x 12.5 Zentimeter von einem Magnetometer aufgenommen. Die zur Zeit im Einsatz stehenden Gradiometersysteme bestehen aus einem auf einem Messwagen montierten Cäsiummagnetometer bzw. Fluxgatemagnetometer mit automatischer Positionierung und Messdatenerfassung. Die verwendeten Cäsiumsensoren erreichen zur Zeit eine reale Auflösung von 0.005 nT, die verwendeten Fluxgatesensoren von 0.1 nT. Von besonderer Bedeutung für archäologische Anwendungen ist jedoch auch die räumliche Auflösung der Messung, das heißt die Dichte des Messrasters. Durch größere Messpunktstände können Feinstrukturen (z.B. Palisadengrübchen, Pfostengruben) nicht mehr mit entsprechender Genauigkeit erfasst werden.

Die Erkundung archäologischer Strukturen beruht auf der punktgenauen und hochauflösenden Erfassung kleinräumiger magnetischer Anomalien, die diese Strukturen im Erdmagnetfeld erzeugen. Diese geringen Abweichungen vom Normalwert (0.1 bis 100 nT) rühren von unterschiedlichen Magnetisierungen des Untergrundes her. Die Magnetisierbarkeit (Suszeptibilität) des Bodens hängt im wesentlichen von den im Boden enthaltenen Eisenoxiden (besonders Magnetit, Maghämätit und Hämatit) ab, die alle ferrimagnetisch sind, wobei Hämatit, verglichen mit den anderen beiden, schwach magnetisch ist. Die obersten Bodenschichten zeigen, verglichen mit den darunterliegenden Horizonten, eine erhöhte Suszeptibilität, eine Tatsache, die als Le Borgne Effekt bekannt ist. Zur Erklärung dieses Effektes können zwei Mechanismen angeführt werden. Beide beinhalten eine Umwandlung des schwach magnetischen Hämatits zum stärker magnetischen Maghämätit durch Reduktion zu Magnetit und nachfolgender Oxidation. Dies kann erstens durch Fermentationsprozesse während des Zerfalls von organischem Material geschehen und zweitens durch den Einfluss von Hitze erklärt werden, wie sie bei Bränden aller Art entsteht. Brände erhöhen die Suszeptibilität zusätzlich, da tonige Materialien, die über den Curiepunkt erhitzt werden und ungestört im Erdmagnetfeld abkühlen, einen thermoremanenten Magnetismus aufweisen. In Zusammenhang mit anthropogenen Strukturen können ferrimagnetische Eisenverbindungen, vor allem Magnetit, in sehr kleinen Korngrößen festgestellt werden<sup>4</sup>. Sie besitzen eine ausgesprochen hohe Suszeptibilität. Man vermutet, dass sie Reste magnetotaktischer Bakterien sind. Diese verwenden das Erdmagnetfeld mittels in der Zelle eingebauter magnetischer Kristalle (Magnetosome) zur Orientierung und sind bei organischen Umformungsprozessen beteiligt<sup>5</sup>. Sie haben eine große Bedeutung bei der Prospektion von Holzresten wie

---

CLARK A., Seeing beneath the soil. Batsford, London 1990.

3 NEUBAUER W., EDER-HINTERLEITNER A., MELICHAR P., STEINER R., Improvements in high resolution archaeological magnetometry. *Prospezioni Archeologiche* 11, 2001, 113 - 134.

4 FASSBINDER J. W. E., Die magnetischen Eigenschaften und die Genese ferrimagnetischer Minerale in Böden im Hinblick auf die magnetische Prospektion archäologischer Bodendenkmäler, Buch am Erlbach 1994.

5 FASSBINDER J. W. E., STANJEK H., Occurrence of bacterial magnetite in soils from archaeological sites.

Palisaden oder einzelnen Pfosten.

Ein Phänomen, welches vor allem für die Prospektion von Gräben und Gruben von Bedeutung ist, ist die viskose remanente Magnetisierung. Sie beruht auf der Fähigkeit feiner Körner, mit einem einzigen magnetischen Einzelbezirk sich durch Absorption von thermischer Energie im Laufe der Zeit spontan in Richtung des herrschenden Magnetfeldes umzuorientieren.

Magnetisch prospektierbare Strukturen umfassen alle Arten von Gruben mit mehr oder weniger organischem Inhalt, mit Oberflächenmaterial gefüllte Gräben, Feuerstellen und Öfen, die als positive Anomalien erscheinen. Negative Anomalien werden von Straßen, Mauern, Fundamenten etc. verursacht. Die Anomaliestärke beruht aber nicht nur auf einer erhöhten Magnetisierung sondern vor allem auf dem Magnetisierungscontrast der archäologischen Struktur gegenüber dem umgebenden Boden.

## Auswertung

Das Fluxgategradiometersystem *FÖRSTER FEREX* liefert bereits auf ein regelmässiges Raster resampelte binäre Datenfiles in einem von FÖRSTER entwickelten Format (FDL). Sie werden von „APMAG“ (von ARCHEO PROSPECTIONS® entwickelten Software) eingelesen und in ein „APMAG“ internes Format umgewandelt.

Um die geophysikalischen Daten mit anderen Daten zu kombinieren beziehungsweise um die erfassten archäologischen Strukturen im Untergrund auch entsprechend präzise zu lokalisieren, ist eine genaue Lageinformation notwendig. Jedes gemessene Rechteck wird durch die X- und Y-Koordinaten seines Startpunktes und des diagonal gegenüberliegenden Endpunktes, die Messrichtung, den Messpunktastand und durch den Namen des entsprechenden Rohdatenfiles repräsentiert. Diese Information zu den einzelnen Rechtecken wird zusammen mit weiteren Kommentaren in einem eigenen standardisierten Beschreibungsfile abgespeichert. Anschließend werden die Bilder in IMCOMP visualisiert und danach für die archäologische Interpretation im GIS georeferenziert.

Neben der Datenvisualisierung enthält die Bilderstellungssoftware IMCOMP eigens entwickelte Algorithmen für das Korrigieren von Datenfehlern wie subgrid shifts (unterschiedliche Helligkeit der einzelnen Messfelder), line shifts (Streifenmuster, die durch unterschiedlichen Bodenabstand der Messsensoren oder durch unterschiedliche Handhabung des Messwagens entstehen), displacements (geringfügige Abweichungen der tatsächlichen Position eines Messwertes), spikes (Fehler durch instabile Sensoren, Übertragungsfehler etc.) und noise (Fehler durch kurzzeitige Veränderung des Bodenabstandes der Sensoren, zumeist aber durch lokale Schwankungen in der Suszeptibilität der obersten Bodenschicht – sog. Bodenrauschen). Erzeugt werden ein unkorrigiertes Bild der Rohdaten und unter Einsatz von Bildverbesserungsverfahren erzeugte optimale Bilder, die Grundlage der archäologischen Interpretation. Mit Hilfe der Bilderstellungssoftware lassen sich aus den maschinenlesbaren Datenfiles auch jederzeit ASCII-Daten für eine Portierung auf andere Systeme oder weitere Auswertesoftware erzeugen.

---

Archaeologia Polona, 31, 1993, 117-128.

## GRUNDLAGEN DES GEORADARS

### Messmethode

Das Georadar ist zur Zeit die modernste und potentiell leistungsfähigste geophysikalische Methode in der archäologischen Prospektion. Es nützt eine elektromagnetische Welle als Signalträger. Ein elektromagnetischer Impuls mit der gewählten Frequenz (zwischen 100 und 900 MHz) wird mittels einer Sendeantenne in den Untergrund abgestrahlt. Er breitet sich im Untergrund mit einer materialabhängigen Geschwindigkeit aus und wird an den Grenzflächen einzelner Objekte oder von Schichten unterschiedlicher physikalischer Eigenschaften (Dielektrizitätskonstante, Leitfähigkeit) reflektiert.

Das an die Oberfläche zurückkehrende elektromagnetische Signal wird von einer Empfängerantenne erfasst und digital aufgezeichnet. Die Veränderungen der Signalforn (Amplitude und Frequenz) erlauben Rückschlüsse auf die physikalischen Eigenschaften der durchstrahlten Medien wie ihre Mineralzusammensetzung, Feuchtigkeit, Porosität etc.. Die Laufzeit des Signals ist proportional zu der Entfernung der reflektierenden Grenzfläche.

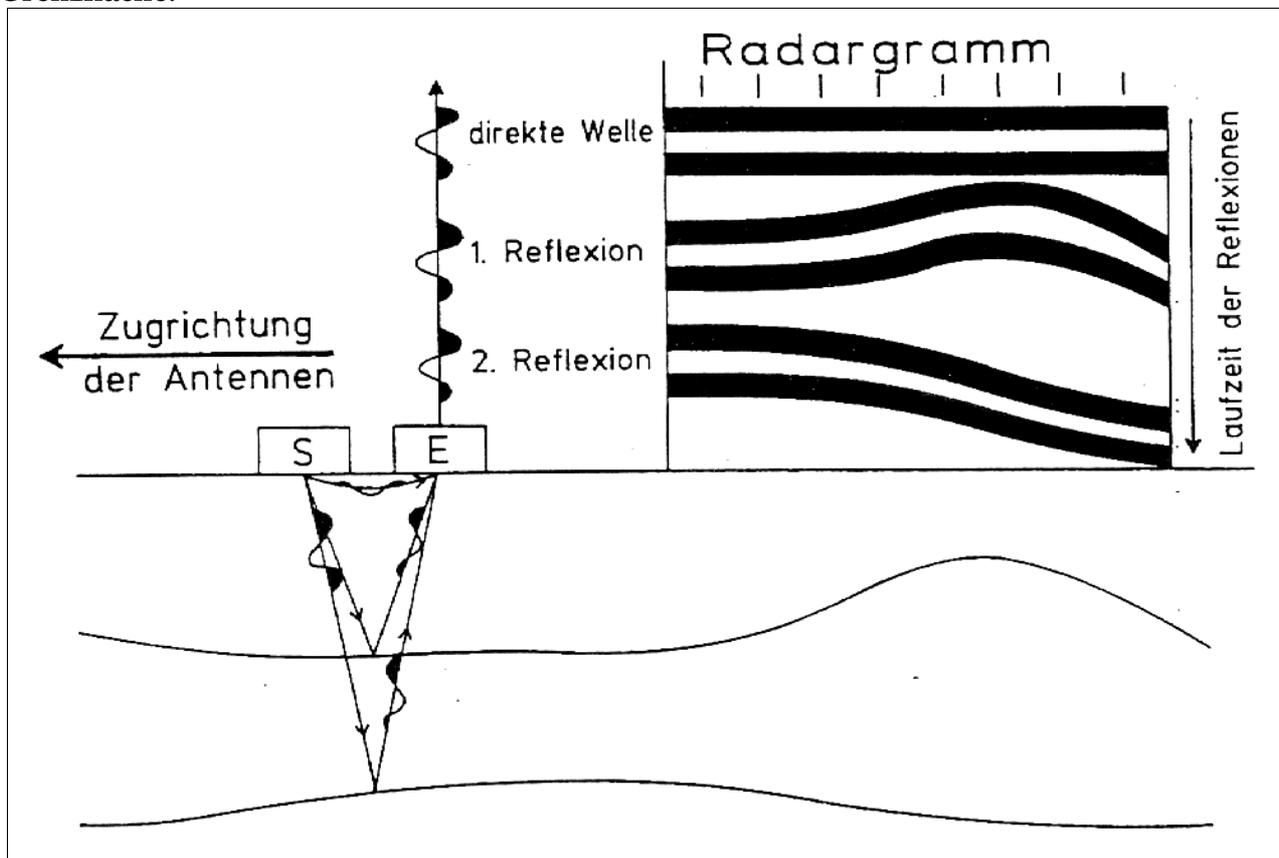


Abb. 2: Entstehung eines Radargrammes (nach Lorra 1996).

Im wesentlichen wird die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen durch die Dielektrizitätskonstante des Mediums, die elektrische Leitfähigkeit des Mediums, die Antennenabstrahlcharakteristik und die Frequenz des Impulses beeinflusst. Der Kontrast der Dielektrizitätskonstanten zweier Medien bestimmt den Betrag der reflektierten Energie an den Schicht- und Objektgrenzen. Sie wird durch den "Fresnelschen Amplituden Reflexionskoeffizient"  $r$  ausgedrückt. In den obersten Boden- und Sedimentschichten treten die größten Reflexionskoeffizienten in Verbindung mit Substratwechseln, starken

Inhomogenitäten, Grundwasserspiegel etc. auf. In Tabelle 1 sind Näherungswerte der relativen Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$ , der Leitfähigkeit  $\sigma$  und der Ausbreitungsgeschwindigkeit  $V$  für die wichtigsten Materialien wiedergegeben.

Die in den Boden abgestrahlte elektromagnetische Energie wird, abhängig vom Medium, unterschiedlich gedämpft (materialbedingter Absorptionsverlust). Die Amplitudenabnahme des ausgesandten Energieimpulses hängt dabei im wesentlichen von der Leitfähigkeit des Mediums und dem zurückgelegten Weg ab. Die Leitfähigkeit ist die bestimmende Größe für die effektive Eindringtiefe der elektromagnetischen Wellen. Durch den Vergleich der Amplituden (Sender, Empfänger) ist es möglich, die Bereiche nach ihrer Absorptionseigenschaft zu unterscheiden.

Material	$\epsilon_r$	$\sigma$ [mS/m]	$V$ [m/ns]
<i>Luft</i>	1	0	0,30
<i>Süßwasser</i>	81	1 - 300	0,03
<i>Meerwasser</i>	81	4000	0,03
<i>Sand (trocken)</i>	3 - 5	0,5 - 1,5	0,13 - 0,17
<i>Sand (feucht)</i>	20 - 30	5 - 20	0,05 - 0,17
<i>Ton (trocken)</i>	10 - 50	20 - 200	0,08 - 0,17
<i>Ton (feucht)</i>	2 - 30	10 - 100	0,05 - 0,07
<i>Torf</i>	20 - 40	100 - 300	0,04 - 0,06
<i>Granit</i>	4 - 6	0,3 - 2	0,11 - 0,16
<i>Kalk</i>	4 - 8	0,1 - 2	0,1 - 0,14
<i>Sandstein</i>	4 - 12	1 - 10	0,08 - 0,13

Tabelle 1: Näherungswerte für die relative Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$ , die Leitfähigkeit  $\sigma$  und die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $V$  für unterschiedliche Materialien.

## Auswertung

### Radargramm

Die Georadardaten sind sehr umfangreich und besitzen eine hohe Informationsdichte. Die Visualisierung der Daten erfolgt meist in Form einer schwarz-weiß oder farbkodierten Darstellung der Amplituden der empfangenen Signale nach Ort und Zeit für die einzelnen Georadarsektionen und wird als Radargramm bezeichnet (Abb. 2 und 3).

Diese einzelnen Radargramme zeigen typische Diffraktions- und Reflexionsmuster und sind ausgesprochen schwer zu verstehen. Man kann sogar soweit gehen zu sagen, dass der Laie wie auch der unerfahrene Archäologe aus einem Radargramm keine Interpretation ableiten kann. Aus diesem Grund werden in die Radargramme oft erklärende Linien oder

Kommentare eingefügt, die ein Erfassen der erkundeten Strukturen erleichtern sollen.

Diese manuelle Auswertetechnik verwendet im wesentlichen die einzelnen Georadarsektionen. Dabei wird versucht, durch optisches Vergleichen korrelierbare Diffraktions- und Reflexionsmuster zu finden und sie den archäologischen Objekten oder Strukturen zuzuweisen. Das Ergebnis dieser subjektiven Interpretation ist immer von der Erfahrung und dem Wissen des Geophysikers abhängig und kaum reproduzierbar. Die so in den Georadarsektionen gefundenen Anomalien bilden die Grundlage für die handgezeichneten Anomalien-Flächenpläne, die meist die dreidimensional vorhandene Information in kompilierter Form auf die Oberfläche projiziert darstellen. Tiefenangaben zu den Anomalien erfolgen, wenn überhaupt, nur punktuell.

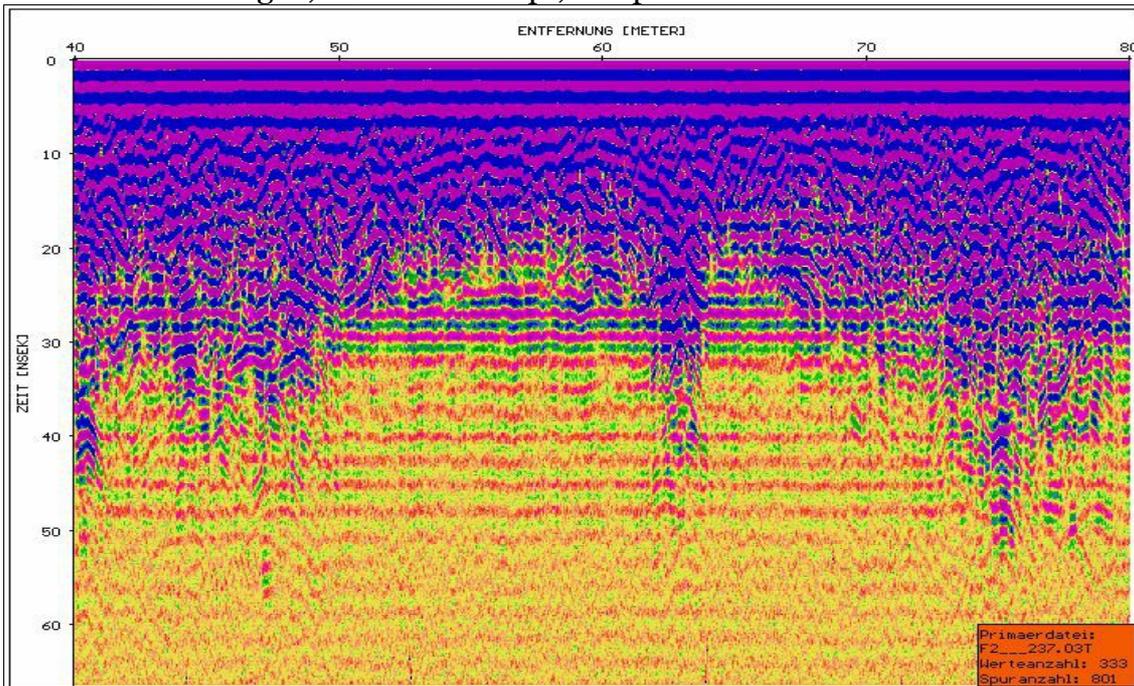


Abb. 3: Beispiel eines Radargramms.

Eine solche reduzierte zweidimensionale Auswertung mit Erstellung eines kompilativen Interpretationsplanes nützt nur einen geringen Teil der in den Daten vorhandenen Informationen. Mit dieser Auswertetechnik können die schwachen Störungen und die Tiefenausdehnung archäologischer Objekte kaum oder selten ausgewiesen werden. Dies führte meist zu enttäuschenden Ergebnissen für den Archäologen und damit zu einem negativen archäologischen Feedback gegenüber dem Georadar.

Um das hohe archäologische Potential des Georadars zu nutzen ist der Einsatz neuer Auswertemethoden notwendig, um reproduzierbare und objektive Ergebnisse zu liefern<sup>6</sup>. Wesentliche Vorarbeiten im archäologischen Anwendungsfeld von Lorra<sup>7</sup> (1996) propagieren die konsequente, rechnergestützte, flächenhafte Visualisierung der Daten in Form von Amplitudenflächenplänen in diskreten Tiefen.

**ARCHEO PROSPECTIONS**<sup>®</sup> erweitert diesen Ansatz konsequenterweise auf einen drei-

6 GOODMAN D., Ground penetrating radar simulation in engineering and archaeology. *Geophysics* 59(2) 1994, 224-232.

7 LORRA S., Geophysikalische Prospektion und Modellierung archäologischer Fundplätze in Schleswig-Holstein. *Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie* Bd. 36, Bonn 1996.

dimensionalen Datenblock mit der Möglichkeit beliebiger drei- oder zweidimensionaler Visualisierungen als Grundlage für die weitere archäologische Interpretation<sup>8</sup>.

### **Geschwindigkeitsanalyse**

Eine Analyse der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Radarwellen kann durch die Auswertung der CMP (common-mid-point) Messungen oder durch Anpassung der Diffraktionshyperbeln bekannter Objekte durchgeführt werden.

### **Amplitudenverteilung**

Die Verteilung der Amplituden der Reflexionen in einem bestimmten Zeitbereich wird als Zeitscheibe (time-slice) bezeichnet. Es wird dabei der Absolutbetrag der Amplitude für die Berechnung der Zeitscheiben verwendet, eine Methode, die sich für archäologische Aufgabenstellungen sehr gut bewährt hat. Der Absolutbetrag der Amplitude in dem jeweiligen Tiefenbereich, der sich durch die bekannte Ausbreitungsgeschwindigkeit bestimmen lässt, wird durch Aufsummieren der Amplitudenbeträge über ein Zeitintervall berechnet.

Die Amplitudenwerte sind ein Maß für die Reflektivität des Untergrundes in einem bestimmten Tiefenintervall. Während hohe Amplitudenwerte relativ zur Umgebung auf erhöhte Reflektivität durch Strukturen und Objekte wie zum Beispiel Mauern hindeuten, repräsentieren niedrige Amplitudenwerte die stark dämpfenden, humosen oder lehmigen Schichten. Alle Amplitudenflächenpläne ergeben zusammen ein dreidimensionales Bild des untersuchten Tiefenbereiches. Sie bilden auch die Grundlage für die archäologische Interpretation und eine spätere Einbindung in ein Geographisches Informationssystem.

### **Datenanalyse und Datenvisualisierung**

Es werden zweidimensionale Bilder durch Schnitte des Datenblocks mit horizontalen und vertikalen Ebenen berechnet und mittels kommerziellen Softwareprodukten visualisiert. Es können beliebige Zeitbereiche zu einem Bild zusammengefasst werden, um die archäologische Interpretation zu erleichtern.

Durch Animation dieser zweidimensionalen Visualisierungen in x, y oder z Richtung sind Filmsequenzen herstellbar, welche sowohl in der Ablaufgeschwindigkeit als auch in der Ablaufrichtung gesteuert werden können und somit völlig neue Eindrücke der Amplitudenverteilungen entstehen lassen. Ein virtuelles Abtragen des Messblockes in horizontalen oder vertikalen Schichten wird veranschaulicht. Dadurch wird eine explorative Datenanalyse möglich, die zu schrittweisem mentalem Erfassen der komplexen archäologischen Strukturen führt. Zum Beispiel schräg nach unten verlaufende Strukturen, wie Treppen, sind durch eine Animation horizontaler Schichten sofort erkennbar.

### **Georeferenzierung und Kombination**

---

<sup>8</sup> NEUBAUER W., EDER-HINTERLEITNER A., SEREN S. S., DONEUS M., MELICHAR P., Kombination archäologisch-geophysikalischer Prospektionsmethoden am Beispiel der römischen Zivilstadt Carnuntum. *Archaeologia Austriaca* 82-83, 1998-1999, 1-26.

Zur Interpretation werden die ausgesuchten horizontalen Schnitte durch den dreidimensionalen Datenblock der Amplitudenverteilung mit dem Programm Arc/Info georeferenziert und mit allen bestehenden Informationen (weiteren Prospektionsdaten, Katasterplänen, Grabungsplänen, Interpretationen, etc.) im Geographischen Informationssystem kombiniert. Durch Übereinanderlegen von Visualisierungen dieser verschiedenen Informationen ist eine beliebige Kombination sehr einfach und schnell durchführbar und somit eine interaktive Überprüfung von Korrelationen möglich.

## DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG UND AUSWERTUNG

### Magnetik

Die magnetische Feldmessung wurde am 27. Oktober 2015 bei guten Bodenverhältnissen durchgeführt. Es wurde eine Fläche von 5254 m<sup>2</sup> prospektiert (Abb. 4).



Abb. 4: Lage der mit Magnetik prospektierten Fläche.

Für die Messung kam ein Förster FEREX Fluxgate 8-Sonden-Magnetometersystem (Abb. 5) mit Zugfahrzeug zum Einsatz. Die Positionierung wurde durch ein differentielles GPS-System auf dem Magnetometerwagen durchgeführt. Die Positionierungsgenauigkeit betrug durchschnittlich  $\pm 2$  cm. Die Messauflösung des Geräts betrug 0.1 nT bei 60 Messungen pro Sekunde. Die Messdaten wurden anschließend in ein Raster von 0.1 x 0.1 m interpoliert.



Abb. 5: Einsatz des Förster FEREX Fluxgate 8-Sonden Magnetometersystems in Litzlberg 2015.

## Georadar

Die Georadarmessungen wurden am 27. und 28. Oktober 2015, am 5. Und 6. Juli 2016 sowie am 10. August 2017 bei guten Bodenverhältnissen in einem Ausmaß von 18 446 m<sup>2</sup> durchgeführt (Abb. 6). Für die Messung kam ein motorisiertes *Sensors & Software PulseEKKO Pro Multichannel*<sup>®</sup> Bodenradarmessgerät mit sechs 500 MHz Antennen in einem Raster von 0.05 x 0.25 m zum Einsatz. Sowie ein *Sensors & Software PulseEKKO Pro Multichannel*<sup>®</sup> Bodenradarmessgerät mit drei 500 MHz Antennen in einem Raster von 0.05 x 0.25 m

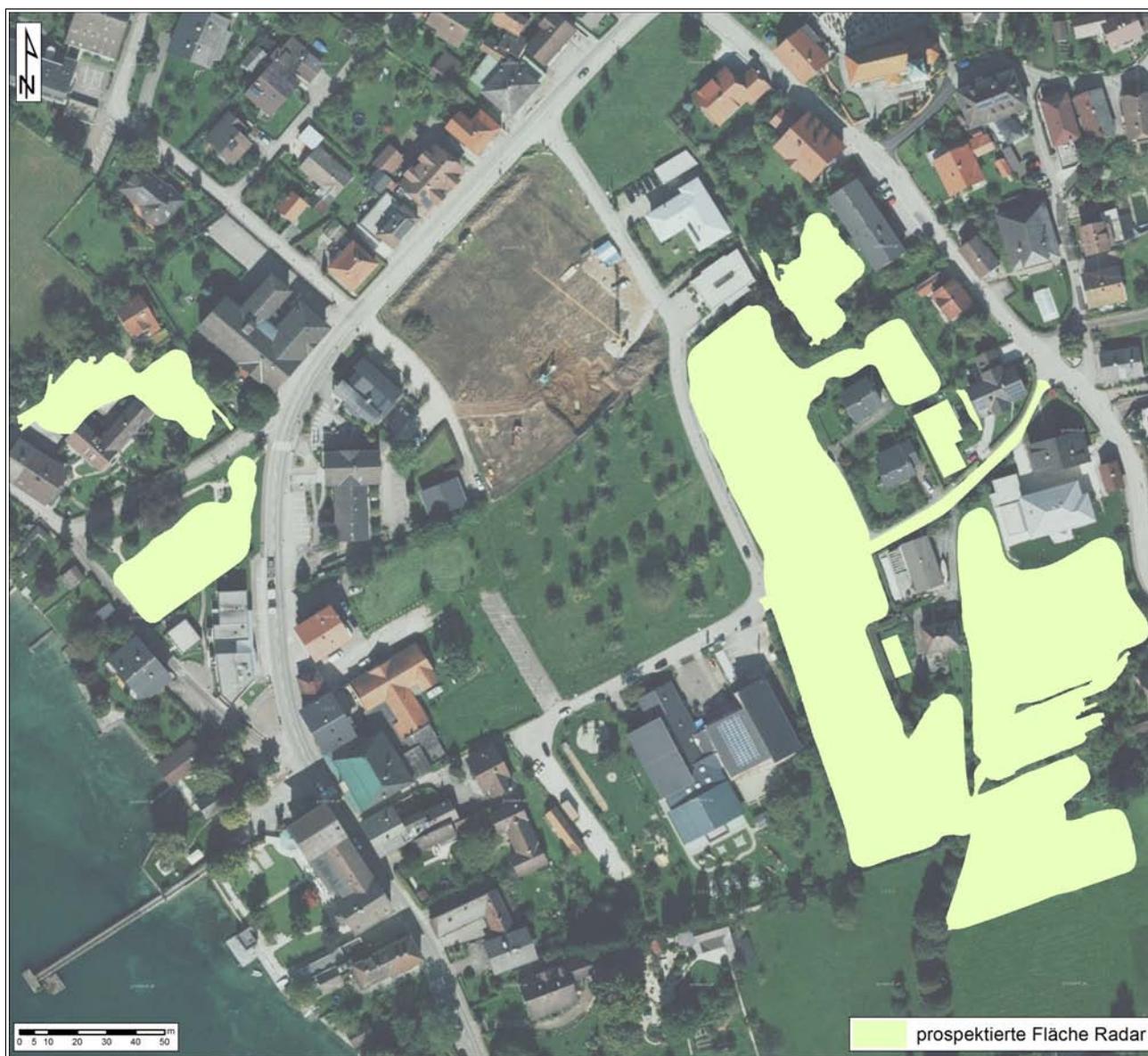


Abb. 6: Lageplan der mit Bodenradar gemessenen Flächen.

Bevor die absolute Amplitude eines bestimmten Tiefenbereichs berechnet werden konnte, wurden die Georadarmesssignale folgender Vorverarbeitung unterzogen: der Gleichstromanteil wurde entfernt, der Startzeitpunkt der empfangenen ersten Welle wurde für jede Messung einzeln bestimmt, Frequenzanteile größer der doppelten Antennenfrequenz (1000 MHz) und Frequenzanteile unterhalb der Antennen-Frequenz

(500 MHz) wurden entfernt. Danach wurde noch für jedes Messprofil ein mittleres Messsignal berechnet und von jedem einzelnen Messsignal subtrahiert, um den geophysikalischen Kontrast der im Boden verborgenen Strukturen zu verstärken.

Zur Verbesserung der Visualisierung als Graustufenbilder wurden noch einige digitale Bildverarbeitungsalgorithmen angewandt. Um Strukturen mit geringer reflektierten Amplitude hervorzuheben, wurde die Quadratwurzel der Amplituden berechnet und, um Artefakte der Messlinien zu beseitigen, wurden die Messlinien an die jeweiligen benachbarten Messlinien angepasst.

Aus den Datenblöcken wurden in verschiedenen Tiefenabständen von 0.1 bis 0.5 m horizontale Amplitudenflächenpläne in Form digitaler SW-Bilder erzeugt. Die einzelnen Bilder wurden über die geodätisch gemessenen Rasterpunkte georeferenziert und in ArcGIS 10 integriert.



Abb. 7: Einsatz des motorisiertes Sensors & Software PulsEKKO Pro Multichannel® Bodenradarmessgerätes in Weyregg.

## ARCHÄOLOGISCHE INTERPRETATION UND ERGEBNISSE

Die vorliegenden Ergebnisse der geophysikalisch-archäologischen Prospektion schließen für die in den Interpretationsplänen befundfrei dargestellten Gebieten das Vorhandensein einer archäologisch relevanten Stratifikation nicht aus. Grundsätzlich ist zur Feststellung von archäologischen Strukturen das Vorhandensein von messbaren physikalischen Kontrasten zwischen diesen Strukturen und deren Umgebung erforderlich. Das bedeutet, dass durchaus auch weitere archäologische Strukturen, die aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften nicht erfasst werden können, im Untergrund vorhanden sein können.

Die tatsächliche Tiefe der Anomalien-verursachenden Strukturen kann aufgrund von Variationen der Bodenradarpulsgeschwindigkeit im Untergrund, welche wenn nicht genauer bekannt mit 10 cm/ns geschätzt wird, um bis zu 50% von der angegebenen Tiefe abweichen. Es ist jedoch in den meisten Fällen wahrscheinlich, dass die angegebene Tiefe mit  $\pm 15$  cm zutrifft. Die relative Tiefe von übereinander liegenden Strukturen wird korrekt abgebildet.

Bei der Prospektion in Weyregg am Attersee 2015, 2016 und 2017 ging es vorrangig um die bereits bekannte römische Villa, die etwa 250 Meter vom See im Ortsgebiet von Weyregg liegt. In zweiter Linie ging es um die Lage des ehemaligen Schlosses von Weyregg welches laut Aufzeichnungen direkt am See gestanden haben soll.

### Magnetik

Die Magnetik wurde nur in einem Bereich südwestlich des Hauptgebäudes der Villa durchgeführt. Das Magnetogramm zeigt neben der modernen Straße sowie einer modernen Leitung lediglich eine Vielzahl von Eisenobjekten Die über der gesamten Fläche verstreut liegen. Archäologisch relevante Strukturen können keine erkannt werden (Abb. 8, 9).

## **Georadar**

Die Georadarmessung wurde in vier Teilflächen im Bereich der Villa und der näheren Umgebung dieser durchgeführt. Im vermuteten Bereich des Schlosses wurden zwei Teilflächen prospektiert.

## **Villa**

Direkt im Bereich des bekannten Hauptgebäudes konnten durch die Messung zusätzliche Gebäudestrukturen interpretiert werden (Abb. 10 - 25). Südlich des durch Ausgrabungen bekannten Gebäudekomplexes sind in den Radardaten noch mindestens drei Gebäudestrukturen zu erkennen. Zwei dieser Grundrisse scheinen durch einen möglichen Gang verbunden zu sein. Im Bereich des östlichen Grundrisses können zusätzliche Mauerzüge erkannt werden, die eine andere Ausrichtung aufweisen. Diese Mauern sind in dem obersten interpretierten Tiefenbereich von 0,4 bis 0,85 Metern (Abb. 10, 11) zu erkennen, und könnten auf eine Mehrphasigkeit hindeuten. Es könnte sich bei diesen Mauern allerdings auch um jüngere Strukturen handeln, da man bedanken muss, dass die Villa direkt im Ortsgebiet von Weyregg liegt.

Die interpretierten Mauern der Villa passen sehr gut mit dem Grabungsplan überein. Es ist auch zu erkennen, dass die Gebäudereste im Süden eine etwas andere Ausrichtung aufweisen als jene des Hauptgebäudes. In der 2017 gemessenen, südlichsten Fläche tauchen zwei parallele eventuelle Mauerreste auf, die in ihrer Ausrichtung jedoch nicht mit der Villa übereinstimmen.

Nördlich des Hauptgebäudes, auf der andern Seite der Römergasse, konnte im Bereich eines privaten Gartens bei Ausgrabungen ein Mosaik gefunden werden. In diesem Garten konnte eine kleine Fläche händisch gemessen werden und zeigten neben einer wahrscheinlich neueren Aufschüttung schwache Strukturen bei denen es sich um Mauer handeln könnte. Unter der Straße selbst konnten keine sinnvoll zusammenhängenden Strukturen erkannt werden, da durch den Bau des Kanals, der im Übrigen sehr deutlich erkennbar ist, alle möglichen archäologischen Strukturen zu stark gestört wurden.

Noch weiter nördlich im Garten des Kindergartens der Pfarre Weyregg konnten ebenfalls Strukturen erkannt werden, bei denen es sich um Mauern handeln könnte. Einerseits sind mögliche Mauern zu erkennen die eine breite von circa einem Meter haben und ein Grundriss von circa 7 x7 Metern Größe aufweisen. Eine weitere Struktur im Bereich dieser Fläche besitzt annähernd dieselbe Ost-West Ausrichtung wie die Gebäude der Villa. Diese möglichen Mauern haben eine Breite von circa 0,7 bis 0,8 Metern. Ob es sich bei einer dieser Strukturen um römische Gebäudereste handelt kann nicht gesagt werden.

Westlich der römischen Anlage konnte eine größere Fläche mittels Magnetik und Bodenradar untersucht werden. In den Magnetikdaten konnten keine archäologischen Strukturen erkannt werden. Auch das Bodenradar zeigte in dieser Fläche keine archäologisch relevanten Strukturen. Es konnten lediglich Drainagen und moderne Leitungen erkannt werden.

## **Schloss**

Die Messung im vermuteten Bereich des ehemaligen Schlosses von Weyregg wurde in einem kleinen Park der Gemeinde sowie in einem privaten Garten mittels Bodenradars durchgeführt (Abb. 26 - 34). Die Messfläche im Park zeigte neben den modernen Wegen und einer Leitung in Richtung See eine größere Schuttfläche.

Im ersten Tiefenbereich von 0 bis 0,5 Meter sind im nordwestlichen Bereich des Parks

Strukturen zu erkennen bei denen es sich um alte Wege eines Garten handeln dürfte. Im Zentrum ist eine annähernd kreisrunde Struktur zusehen zu der mehrere Wege oder Ähnliches laufen die zu einander im rechten Winkel liegen. In dem angesprochenen Schuttbereich können ab dem Tiefenbereich von 0,5 bis 1 Meter Mauerstrukturen erkannt werden. Diese können bis zum Tiefenbereich von 1 bis 1,5 Metern erkannt werden. In der Messfläche die im privaten Garten nördlich des Parks liegt können ebenfalls ab einem Tiefenbereich von 0,5 bis 1 Meter Mauerstrukturen erkannt werden. Diese liegen in einer Achse mit dem heute noch bestehenden Haus, und würden dieses um circa neun Meter in Richtung Nordosten vergrößern.

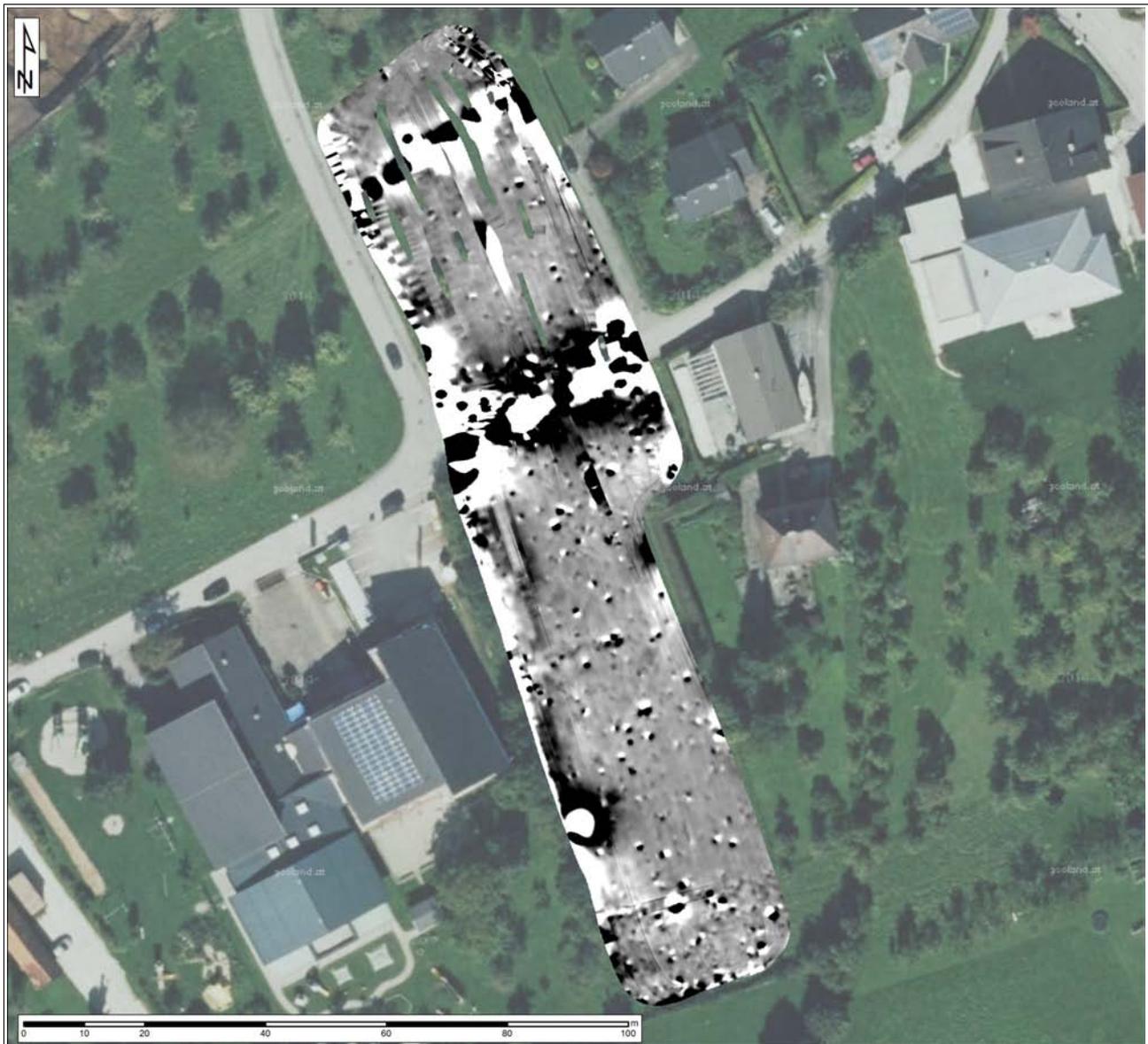


Abb. 8: Magnetogramm der Messfläche in Weyregg.



Abb. 9: Archäologische Interpretation der Magnetikdaten.



Abb. 10: Amplitudenflächenplan des Tiefenbereichs von 0 – 0,4 m der Bodenradarmessung im Bereich der Villa.



Abb. 11: Archäologische Interpretation des Tiefenbereiches von 0 – 0,4 m im Bereich der Villa.



Abb. 12: Amplitudenflächenplan des Tiefenbereichs von 0,4 – 0,85 m der Bodenradarmessung im Bereich der Villa.



Abb. 13: Archäologische Interpretation des Tiefenbereiches von 0,4 – 0,85 m im Bereich der Villa.



Abb. 14: Amplitudenflächenplan des Tiefenbereichs von 0,85 – 1,5 m der Bodenradarmessung im Bereich der Villa.



Abb. 15: Archäologische Interpretation des Tiefenbereiches von 0,85 – 1,5 m im Bereich der Villa.



Abb. 16: Amplitudenflächenplan des Tiefenbereichs von 0,5 – 1 m der händischen Bodenradarmessung nördlich der Villa.



Abb. 17: Archäologische Interpretation des Tiefenbereiches von 0,5 – 1 m der händischen Bodenradarmessung nördlich der Villa.



Abb. 18: Amplitudenflächenplan des Tiefenbereichs von 0,5 – 1 m der Bodenradarmessung im Garten der Pfarre.



Abb. 19: Archäologische Interpretation des Tiefenbereiches von 0,5 – 1 m der Bodenradarmessung im Garten der Pfarre.

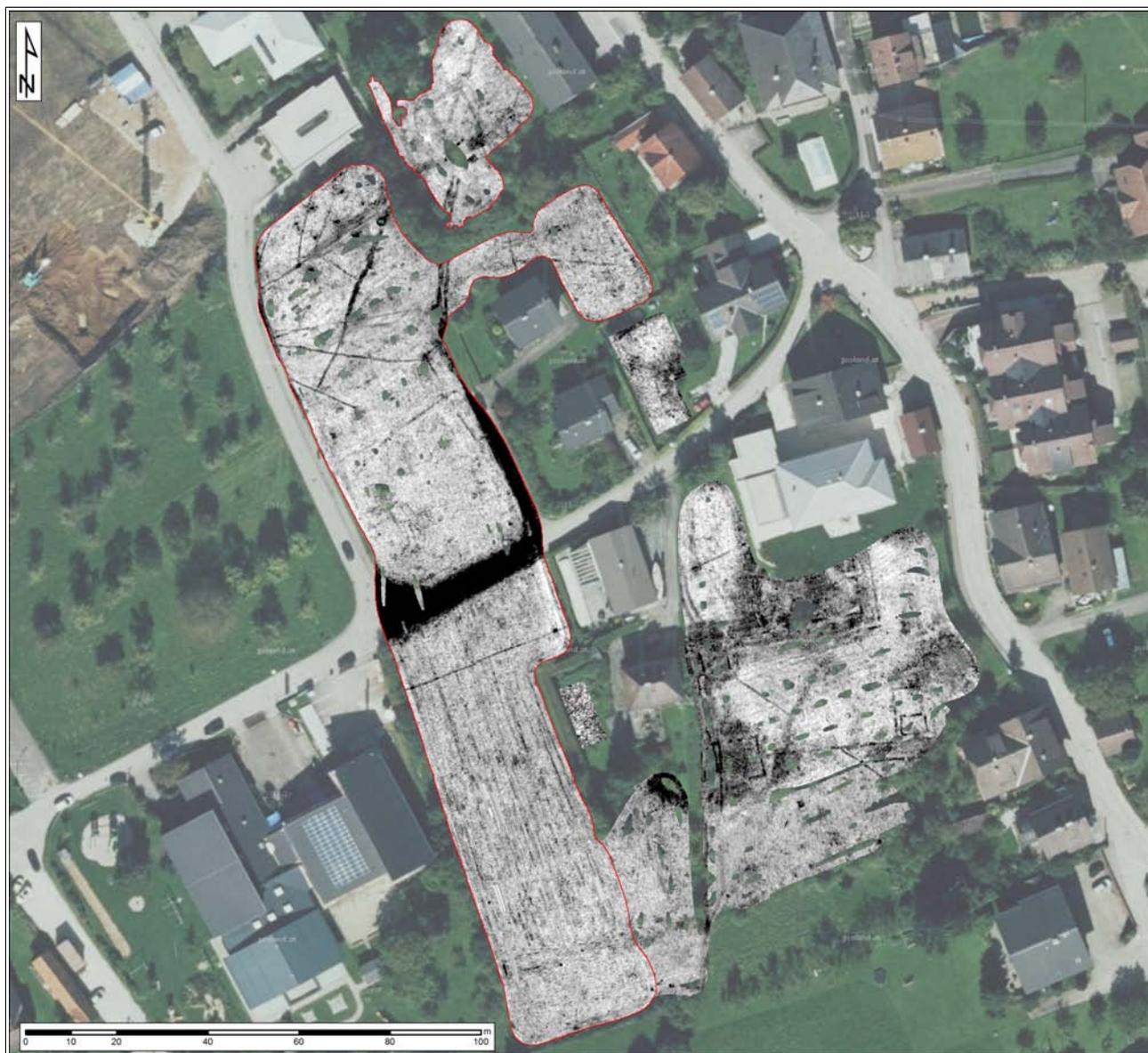


Abb. 20: Amplitudenflächenplan (rot umrandet) des Tiefenbereichs von 0 – 0,8 m der Bodenradarmessung westlich der Villa.

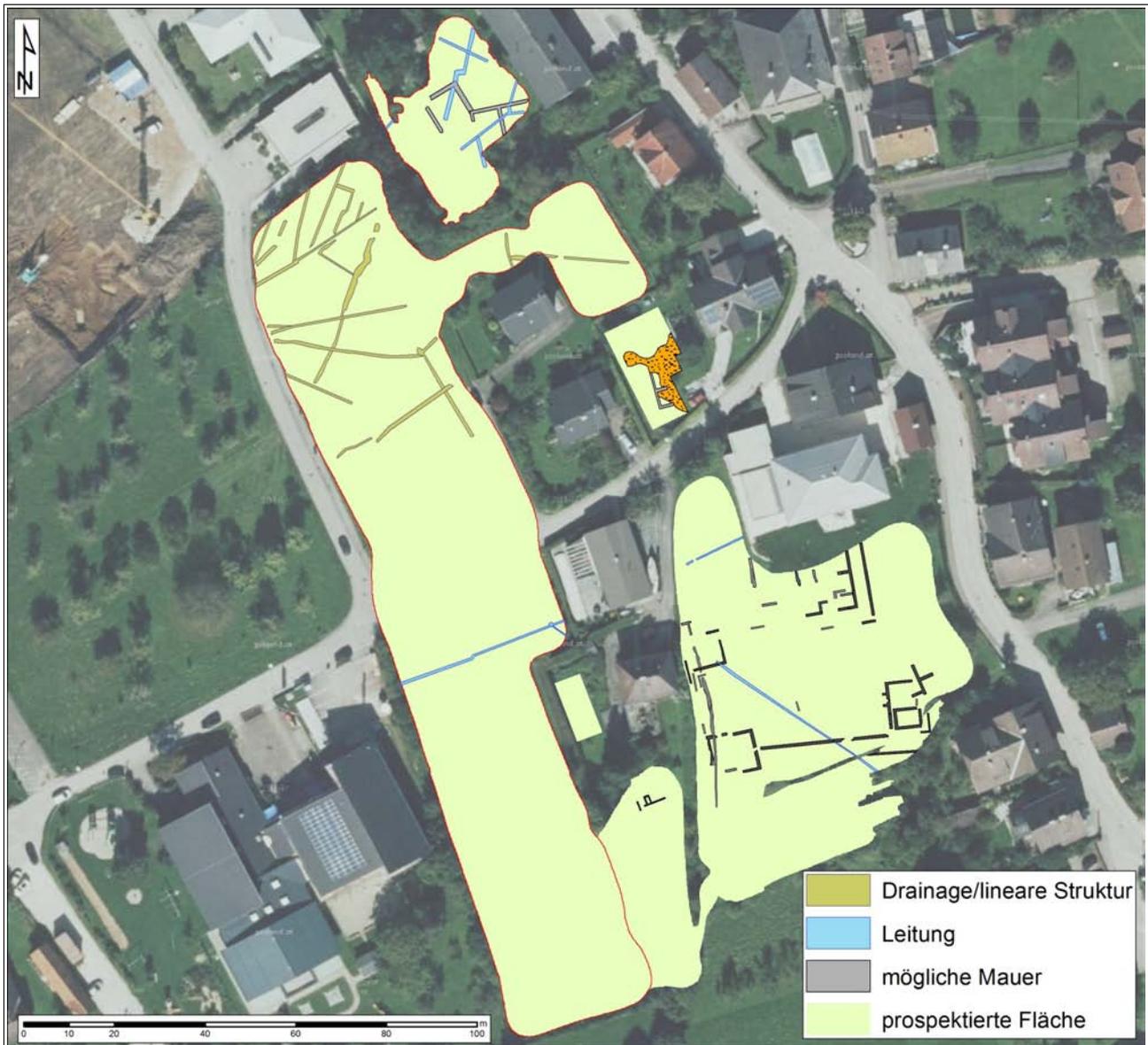


Abb. 21: Archäologische Interpretation des Tiefenbereiches von 0 – 0,8 m des Bereiches westlich der Villa.



Abb. 22: Amplitudenflächenplan (rot umrandet) des Tiefenbereichs von 0,8 – 1,15 m der Bodenradarmessung westlich der Villa.

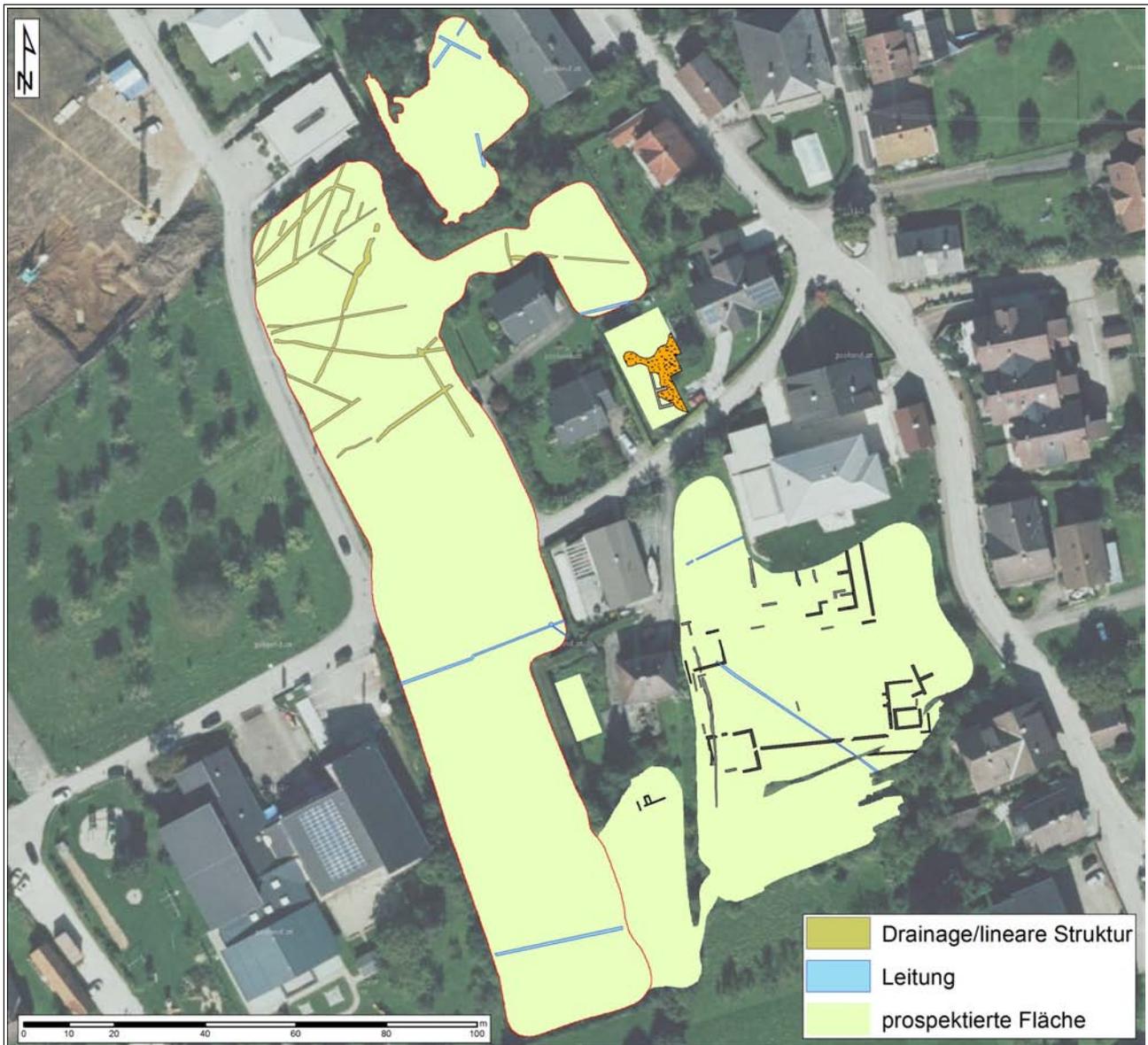


Abb. 23: Archäologische Interpretation des Tiefenbereiches von 0,8 – 1,15 m der des Bereiches westlich der Villa.

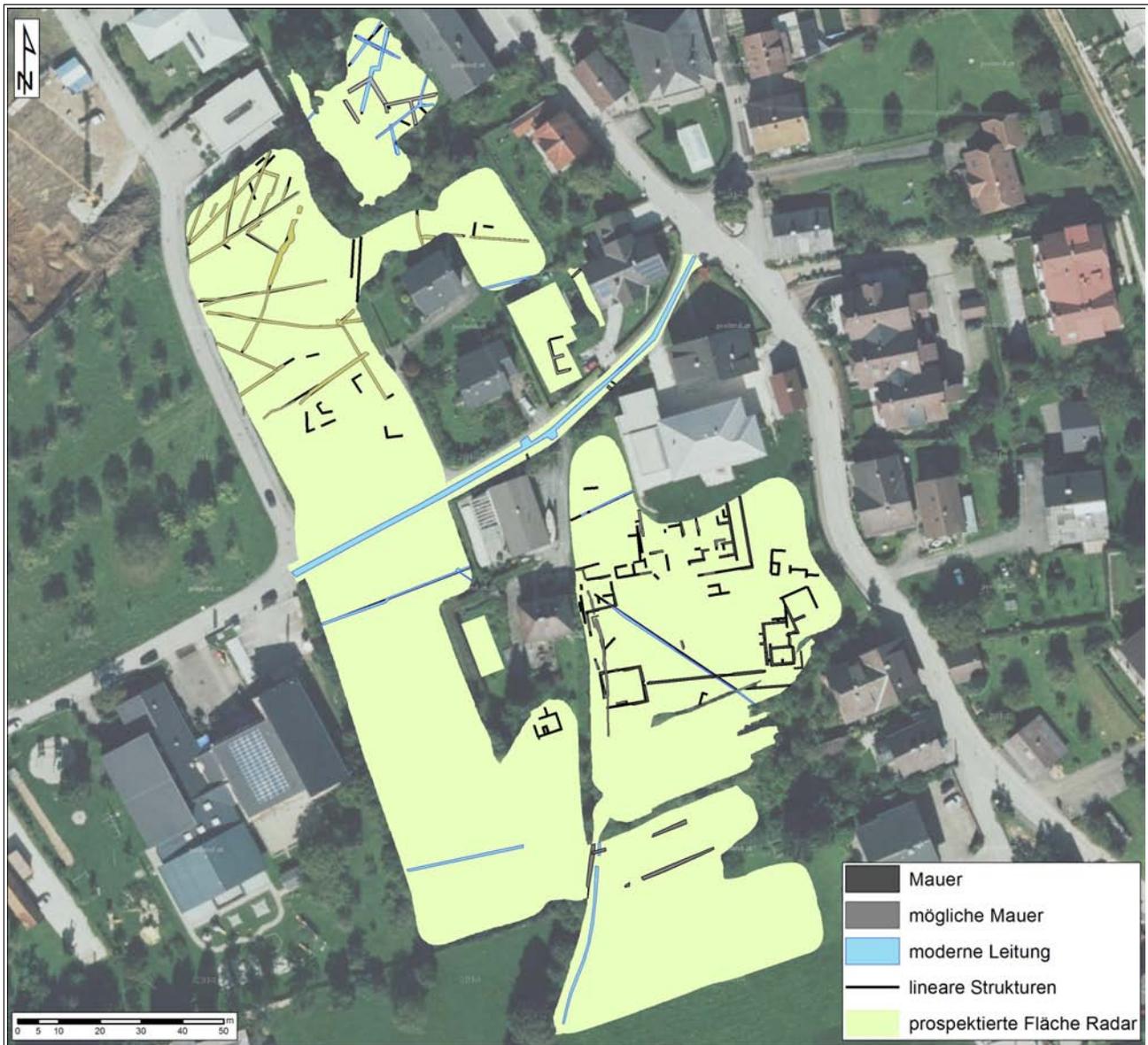


Abb. 24: Gesamtinterpretation der Villa und deren Umgebung.



Abb. 25: Gesamtinterpretation der Villa in Kombination mit dem Grabungsplan.

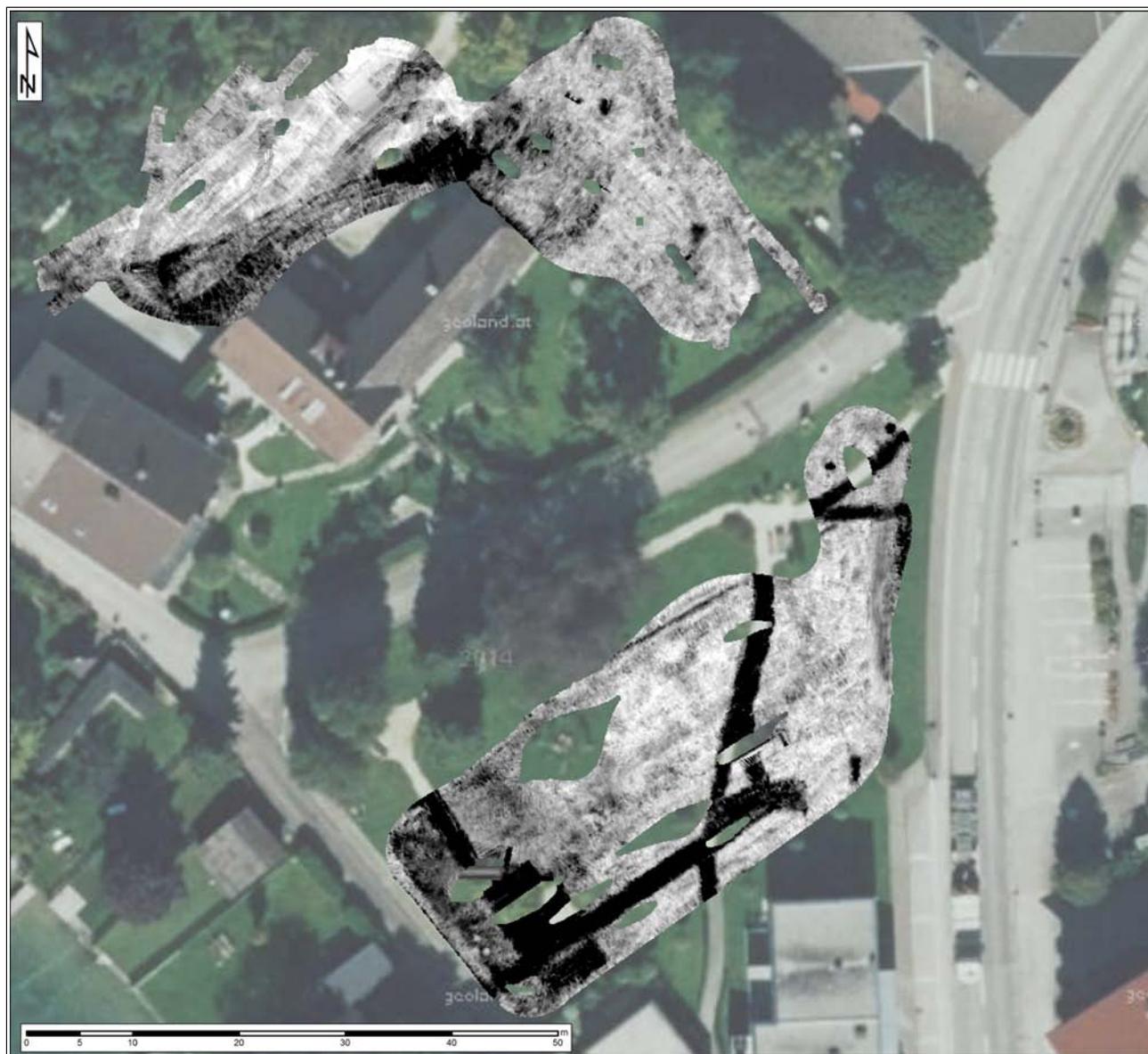


Abb. 26: Amplitudenflächenplan des Tiefenbereichs von 0 – 0,5 m der Bodenradarmessung im Bereich des möglichen ehemaligen Schlosses.



Abb. 27: Archäologische Interpretation des Tiefenbereiches von 0 – 0,5 m des Bereiches des möglichen ehemaligen Schlosses.



Abb. 28: Amplitudenflächenplan des Tiefenbereichs von 0,5 – 1 m der Bodenradarmessung im Bereich des möglichen ehemaligen Schlosses.



Abb. 29: Archäologische Interpretation des Tiefenbereiches von 0,5 – 1 m des Bereiches des möglichen ehemaligen Schlosses.



Abb. 30: Amplitudenflächenplan des Tiefenbereichs von 1 – 1,5 m der Bodenradarmessung im Bereich des möglichen ehemaligen Schlosses.



Abb. 31: Archäologische Interpretation des Tiefenbereiches von 1 – 1,5 m des Bereiches des möglichen ehemaligen Schlosses.



Abb. 32: Amplitudenflächenplan des Tiefenbereichs von 1,5 – 2 m der Bodenradarmessung im Bereich des möglichen ehemaligen Schlosses.



Abb. 33: Archäologische Interpretation des Tiefenbereiches von 1,5 – 2 m des Bereiches des möglichen ehemaligen Schlosses.



Abb. 34: Gesamtinterpretation des Bereiches des möglichen Schlosses.