

PROJEKT GEOHAB

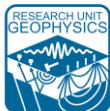
Endbericht – Mai 2025

Dr. Matthias Steiner

matthias.steiner@geo.tuwien.ac.at

Prof. Dr. Adrián Flores Orozco

adrian.flores-orozco@geo.tuwien.ac.at



Forschungsbereich Geophysik
Department für Geodäsie und Geoinformation
TU Wien

Inhaltsverzeichnis

<u>1</u>	<u>ZIELSETZUNG UND RAHMENBEDINGUNGEN</u>	<u>4</u>
1.1	URSPRÜNGLICH DEFINIERTE AUFGABEN DES FORSCHUNGSBEREICHS GEOPHYSIK	4
1.2	DIE TASKFORCE RECHNITZ	6
<u>2</u>	<u>ANALYSE UND AUFBEREITUNG EXISTIERENDER DATEN UND INFORMATIONEN</u>	<u>7</u>
2.1	ART UND UMFANG DER ÜBERGEBENEN UNTERLAGEN	7
2.2	RECHERCHIEREN UND SAMMELN VON DATEN EXTERNER RESSOURCEN	9
<u>3</u>	<u>KONZEPT FÜR FORSCHUNGSPLATTFORM</u>	<u>21</u>
3.1	BENUTZERVERWALTUNG UND ZUGRIFFSSTEUERUNG	21
3.2	PROKOLLIERUNG	25
3.3	RESSOURCENMANAGEMENT	27
3.4	VERWALTUNG VON UNTERSUCHUNGEN	29
3.5	VERWALTUNG VON LOKATIONEN	29
3.6	VERWALTUNG VON SCHLAGWÖRTERN	30
3.7	UNTERSTÜTZENDE SUCH- UND RECHERCHFUNKTION	30
<u>4</u>	<u>THEORETISCHE UND PRAKTISCHE GRUNDLAGEN UND ÜBERLEGUNGEN HINSICHTLICH (GEOPHYSIKALISCHER) UNTERSUCHUNGEN VON GRABSTELLEN</u>	<u>33</u>
4.1	UNTERSCHIEDE IN DER (GEOPHYSIKALISCHEN) DETEKTION VON MASSENGRÄBERN UND ANDEREN ARCHÄOLOGISCHEN STRUKTUREN	33
4.2	IM PROJEKT GEOHAB EINGESETZTE METHODEN ZUR ZERSTÖRUNGSFREIEN CHARAKTERISIERUNG DER EIGENSCHAFTEN IM UNTERGRUND	34
4.3	EINGESETZTE MESSGERÄTE	39
<u>5</u>	<u>GEOPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN IM BEREICH DES RECHNITZER KREUZSTADLS</u>	<u>42</u>
5.1	GROßSKALIGE CHARAKTERISIERUNG VON EIGENSCHAFTEN UND STRUKTUREN IM UNTERGRUND	42
5.2	DETAILLIERTE UNTERSUCHUNG WEITERER VERDACHTSFLÄCHEN	59
<u>6</u>	<u>UNTERSUCHUNG DER VERDACHTSFLÄCHE AUF PARZELLE 8815</u>	<u>62</u>
6.1	ERSTELLUNG UND ANPASSUNG DES MESSPLANS	62
6.2	KURZFRISTIGE ABSAGE DER UNTERSUCHUNGEN UND SCHLUSSFOLGERUNGEN DARAUS	63
<u>7</u>	<u>VERBESSERTER VERORTUNG UND UNTERSUCHUNG DES MASSENGRABES AUF PARZELLE 8815</u>	<u>67</u>
7.1	ANALYSE HISTORISCHER LUFTBILDER	70
7.2	GEOPHYSIKALISCHE PROSPEKTION DER NEU DEFINIERTEN VERDACHTSFLÄCHE	75

8	<u>GEOPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN AUF DEM JÜDISCHEN FRIEDHOF VON RECHNITZ</u>	79
8.1	ENTWICKLUNG NEUER STRATEGIEN FÜR DIE ARCHÄOLOGISCHE GEOPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNG	79
8.2	GROßSKALIGE CHARAKTERISIERUNG VON EIGENSCHAFTEN UND STRUKTUREN IM UNTERGRUND	83
8.3	DETAILLIERTE UNTERSUCHUNG DER GRABSTELLE „SANDOR BRAUN“	84
8.4	PUBLIKATION DER ERGEBNISSE	89
9	<u>UNTERSUCHUNG EINER VERDACHTSFLÄCHE IM GEMEINDEGEBIET VON SIEGENDORF</u>	92
10	<u>SCHLUSSFOLGERUNGEN, WEITERE VORGEHENSWEISE UND AUSBLICK</u>	102
10.1	INTERPRETATION UND AUFBEREITUNG DER GEOPHYSIKALISCHEN ERGEBNISSE FÜR EIN BREITES PUBLIKUM	103
10.2	FOKUS AUF 3D-MESSANORDNUNGEN FÜR ZUKÜNFTIGE UNTERSUCHUNGEN IN RECHNITZ	104
10.3	TDIP-KALIBRIERTE INVERSION DER EMI-DATEN	105
10.4	HOCHAUFLÖSENDE OBERFLÄCHENMESSUNGEN DURCH DROHNENBEFLIEGUNGEN FÜR DEN JÜDISCHEN FRIEDHOF IN RECHNITZ	105
10.5	FORSCHUNGSPLATTFORM: KONZEPTENTWICKLUNG UND ENTSCHEIDUNG ZUR NICHT-IMPLEMENTIERUNG	106
10.6	BEWERTUNG DER VERDACHTSFLÄCHE AUF PARZELLE 8815 BASIEREND AUF GEOPHYSIKALISCHEN ERGEBNISSEN	106
11	<u>DRINGLICHKEIT WEITERER GEOPHYSIKALISCHER UNTERSUCHUNGEN IN RECHNITZ</u>	108

1 Zielsetzung und Rahmenbedingungen

Das Kooperationsprojekt GEOHAB zwischen dem Land Burgenland und der Technischen Universität Wien (TU Wien) zielt darauf ab, durch die Entwicklung und Anwendung neuer geophysikalischer Methoden, Messkonfigurationen sowie Auswertestrategien zur historischen Aufarbeitung der Ereignisse in Rechnitz gegen Ende des Zweiten Weltkriegs beizutragen. Die Interpretation dieser Ergebnisse soll durch den Aufbau einer Forschungsplattform vereinheitlicht und verbessert werden. Das zentrale Element dieser Forschungsplattform soll eine umfassende Datenbank sein, die sämtliche Informationen zum Themenkomplex Rechnitz zusammenführt und diese zugreif- und verarbeitbar macht. Das Projekt, das im Juni 2024 offiziell gestartet wurde, läuft zunächst bis Ende Mai 2025, wobei eine Verlängerung um ein weiteres Jahr möglich ist.

Im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Arbeit stehen geophysikalische Messungen, die auf die Erfassung von Anomalien im Untergrund ausgerichtet sind. Diese Anomalien könnten Hinweise auf Bodenveränderungen wie frühere Grabungen liefern. Durch die angewandten Messmethoden lassen sich potenzielle Fundstellen präzise lokalisieren und georeferenzieren.

Die TU Wien evaluiert außerdem, soweit rechtlich möglich, die Ergebnisse früherer Messkampagnen, die von unterschiedlichen Auftraggebern durchgeführt wurden. Ziel ist es, diese uneinheitlichen Daten zu integrieren und neu zu bewerten, um ein vollständigeres Bild der Verdachtsflächen zu gewinnen.

1.1 Ursprünglich definierte Aufgaben des Forschungsbereichs Geophysik

Die nachfolgenden „deliverables“ von Seiten der TU Wien wurden direkt und wörtlich aus dem Anhang zum Kooperationsvertrag zwischen Land Burgenland und TU Wien übernommen. Im vorliegenden Bericht wird an den entsprechenden Stellen auf diese ursprünglichen Aufgaben und die daraus erhaltenen Ergebnisse referenziert. Dadurch soll differenziert dargestellt werden in welchen Punkten die Erfordernisse bereits erfüllt wurden und bei welchen Punkten die Rahmenbedingungen eine vollumständliche Umsetzung erschwert haben.

1.1.1 Großräumige Kartierung der elektrischen Leitfähigkeit

„Insbesondere die Nutzung der Methode der transienten Elektromagnetik ermöglicht die geophysikalische Charakterisierung des oberflächennahen Untergrundes für Gebiete in der Größenordnung von mehreren Kilometern. Der Fokus liegt dabei auf der Unterscheidung zwischen geologischen und anthropogenen Strukturen und ermöglicht daher die Identifizierung und Darstellung relevanter Bereiche historischer anthropogener Aktivitäten. Diese Karten bieten dementsprechend eine wertvolle Grundlage für die Planung von Forschungsmaßnahmen, da sie potenzielle Standorte historischer Strukturen aufzeigen.“

1.1.2 Detaillierte Charakterisierung historisch relevanter Bereiche

„Mithilfe räumlich hochauflösender geophysikalischer Untersuchungen werden spezifische Bereiche, wie beispielsweise Gräber oder historische Infrastruktur, mit einer Größe von 50x50 Metern detailliert charakterisiert. Diese Untersuchungen umfassen die Verwendung der Methode der elektromagnetischen Induktion bei niedrigen Induktionszahlen sowie elektrischer Methoden, um eine präzise Darstellung der entsprechenden Strukturen zu ermöglichen. Die Kombination verschiedener geophysikalischer Methoden zielt insbesondere auf eine verbesserte physikalische wie historische Interpretation der beobachteten Signaturen ab. Diese detaillierte Charakterisierung liefert wichtige Informationen über die Zusammensetzung und den Zustand der untersuchten Bereiche, die für die weiterführende Untersuchung und Erhaltung historischer Stätten von entscheidender Bedeutung ist.“

1.1.3 Erstellung hochauflösender 3D-Visualisierungen

„Der Einsatz der Methode der Induzierten Polarisation (IP) ermöglicht eine verbesserte Unterscheidung zwischen geologischen und biogeochemischen Eigenschaften des Untergrundes. Untersuchungen mit der IP-Methode in bestimmten relevanten Bereichen haben dementsprechend das Ziel das genaue Volumen und die Zusammensetzung der untersuchten Strukturen zu definieren. Die resultierenden hochauflösenden 3D-Informationen bieten einen detaillierten Einblick in die untersuchten Bereiche und tragen wesentlich zum Verständnis ihrer historischen Bedeutung bei.“

1.1.4 Erstellung eines Projektantrags für weiterführende Forschungsaktivitäten

„Als Teil der Kooperation wird ein Antrag für ein gemeinsames Forschungsprojekt erarbeitet, der darauf abzielt, den Wissenstransfer zwischen geophysikalischen, archäologischen, historischen und staatlichen Institutionen zu verbessern. Dieser Projektantrag stellt eine wichtige Initiative dar, um die Zusammenarbeit und den Austausch von Fachwissen zu fördern und die langfristige Erhaltung historischer Denkmäler, insbesondere im Burgenland, sicherzustellen.“

1.1.5 Regelmäßige Berichte und Präsentationen

„Das Land Burgenland wird kontinuierlich über den aktuellen Stand der Forschungstätigkeiten und -ergebnisse informiert. Regelmäßige Berichte und Präsentationen bieten die Möglichkeit, den Fortschritt des Projekts zu verfolgen und aktiv an der Diskussion und Bewertung der Ergebnisse teilzunehmen. Diese laufende Kommunikation gewährleistet eine enge Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Parteien und trägt dazu bei, die Effektivität und den Erfolg der Kooperation sicherzustellen.“

1.2 Die Taskforce Rechnitz

Die Taskforce Rechnitz ist ein interdisziplinäres Expertengremium, das zentrale Aufgaben in der Koordination und Unterstützung des Kooperationsprojekts zwischen dem Land Burgenland und der Technischen Universität Wien übernimmt. Als Schnittstelle zwischen wissenschaftlichen und administrativen Akteuren sowie als Kommunikationsplattform gewährleistet sie eine reibungslose Abstimmung der verschiedenen Beteiligten.

Eine ihrer wesentlichen Funktionen besteht in der Bewertung potenzieller Verdachtsflächen und bildet damit das Rückgrat für die gezielte Auswahl von Untersuchungsgebieten, die eine hohe Wahrscheinlichkeit für relevante Funde aufweisen. Darüber hinaus agiert die Taskforce als zentrale Kommunikationsdrehscheibe. Sie fördert den kontinuierlichen Informationsaustausch zwischen den Projektbeteiligten, darunter Wissenschaftler, Behörden und andere Institutionen. Dieser kooperative Ansatz gewährleistet nicht nur einen einheitlichen Wissensstand, sondern auch die Vermeidung von Redundanzen und die gezielte Bündelung der Ressourcen. Ein weiterer zentraler Schwerpunkt der Taskforce liegt in der Sammlung und Bereitstellung von relevanten Daten und Materialien. Alle Mitglieder sind aufgerufen, ihre jeweiligen Ressourcen – seien es historische Dokumente, Archivmaterialien, geophysikalische Daten früherer Kampagnen oder andere hilfreiche Informationen – aktiv in das Projekt einzubringen. Eine besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang der systematischen Einpflege dieser Informationen in die geplante Forschungsplattform zu. Die bereits von der Abteilung 7 bereitgestellten Datensammlungen bilden hierfür eine wertvolle Grundlage, die im Projekt weiter ausgebaut werden soll. Nicht zuletzt unterstützt die Taskforce auch die strategische Ausrichtung des Projekts. Sie überwacht die Fortschritte, diskutiert methodische und technische Herausforderungen und sorgt für eine transparente Kommunikation innerhalb des Gremiums. Dabei ist ein klarer Verhaltenskodex festgelegt: Alle Informationen bleiben vertraulich und werden nicht an Dritte weitergegeben. Diese strikte interne Kommunikation stärkt die Integrität des Projekts und schützt sensible Daten vor Missbrauch.

Durch ihre breit gefächerte Expertise, ihre koordinierende Rolle und ihre aktive Unterstützung der wissenschaftlichen Arbeit trägt die Taskforce entscheidend dazu bei, die Ziele des Projekts zu erreichen und die historische Aufarbeitung der Ereignisse von Rechnitz voranzutreiben.

2 Analyse und Aufbereitung existierender Daten und Informationen

Im Rahmen des Projekts GEOHAB wurden gezielt Daten und Informationen ausgetauscht, unabhängig von der Arbeit der Taskforce Rechnitz. Mag. Dieter Szorger (Land Burgenland) stellte eine umfangreiche Sammlung an Dokumenten in verschiedenen Formaten bereit, während Wilfried Tögel (Land Burgenland) Geodaten in Form von Shapefiles übermittelte. Diese Shapefiles enthalten ausschließlich Angaben zu Position und Datum der durchgeführten Untersuchungen – wie Grabungen, Bohrungen oder geophysikalische Messungen – jedoch keine Ergebnisse oder Interpretationen. Ergänzend übermittelte Nikolaus Franz (Land Burgenland) zwei Grabungsberichte aus den Jahren 2020 und 2021. Da darüber hinaus keine weiteren Daten oder Untersuchungsergebnisse direkt verfügbar waren, bestand eine zentrale Aufgabe des Projekts GEOHAB darin, Kontakt zu verschiedenen Institutionen aufzunehmen, um Zugriff auf relevante Informationen zu erhalten. Dies betraf insbesondere Daten aus früheren geophysikalischen Untersuchungen, wie Bodenradar (GPR für engl. Ground Penetrating Radar) und Magnetik, sowie Bohrprotokolle aus den identifizierten Verdachtsflächen. Ziel war es, die Datenbasis zu erweitern und eine solide Grundlage für weitere Analysen und die Planung zukünftiger Messungen zu schaffen.

2.1 Art und Umfang der übergebenen Unterlagen

Im Rahmen der ersten Analyse der übergebenen Daten wurde zunächst eine Übersicht der Verzeichnisstruktur, die eine hierarchische Darstellung der Dateien und Ordner innerhalb des übergebenen Datenpakets zeigt und eine systematische Betrachtung der enthaltenen Datentypen ermöglichte. Anschließend erfolgte eine detaillierte Untersuchung der Dateien anhand ihrer Dateiendungen. Durch diese eingehendere Betrachtung der Dateiformate konnten die Dateien in verschiedene Kategorien eingeteilt werden: PDF-Dateien, Raster- und Vektordaten, Dokumente (wie Office-Dateien und Textdokumente), Datenbankdateien (einschließlich Skripten und Dumps) sowie sonstige Dateien. Diese Kategorisierung wurde genutzt, um die Daten systematisch zu ordnen und eine Grundlage für die weitere Analyse zu schaffen. Zur anschaulichen Darstellung der Zuordnung der Dateiendungen zu den jeweiligen Kategorien wurde ein Sankey-Diagramm erstellt (**Abbildung 1**). Aus diesem Diagramm ist klar erkennbar, welche Dateitypen am häufigsten vorkommen und wie sie auf die verschiedenen Kategorien verteilt sind. Diese Analyse und die anschließende Kategorisierung der Daten sind ein wichtiger Schritt, da sie eine strukturierte Grundlage für die weitere Verarbeitung und Auswertung der Daten bieten. Unstimmigkeiten bei den Dateiendungen können auf Fehler bei der Datenübertragung oder -konvertierung hinweisen, die vor der weiteren Verarbeitung behoben werden müssen. Darüber hinaus erleichtert die systematische Kategorisierung die spätere Handhabung der Daten und ermöglicht eine gezielte und effiziente Analyse, die für die folgenden Phasen des Projekts von entscheidender Bedeutung ist.

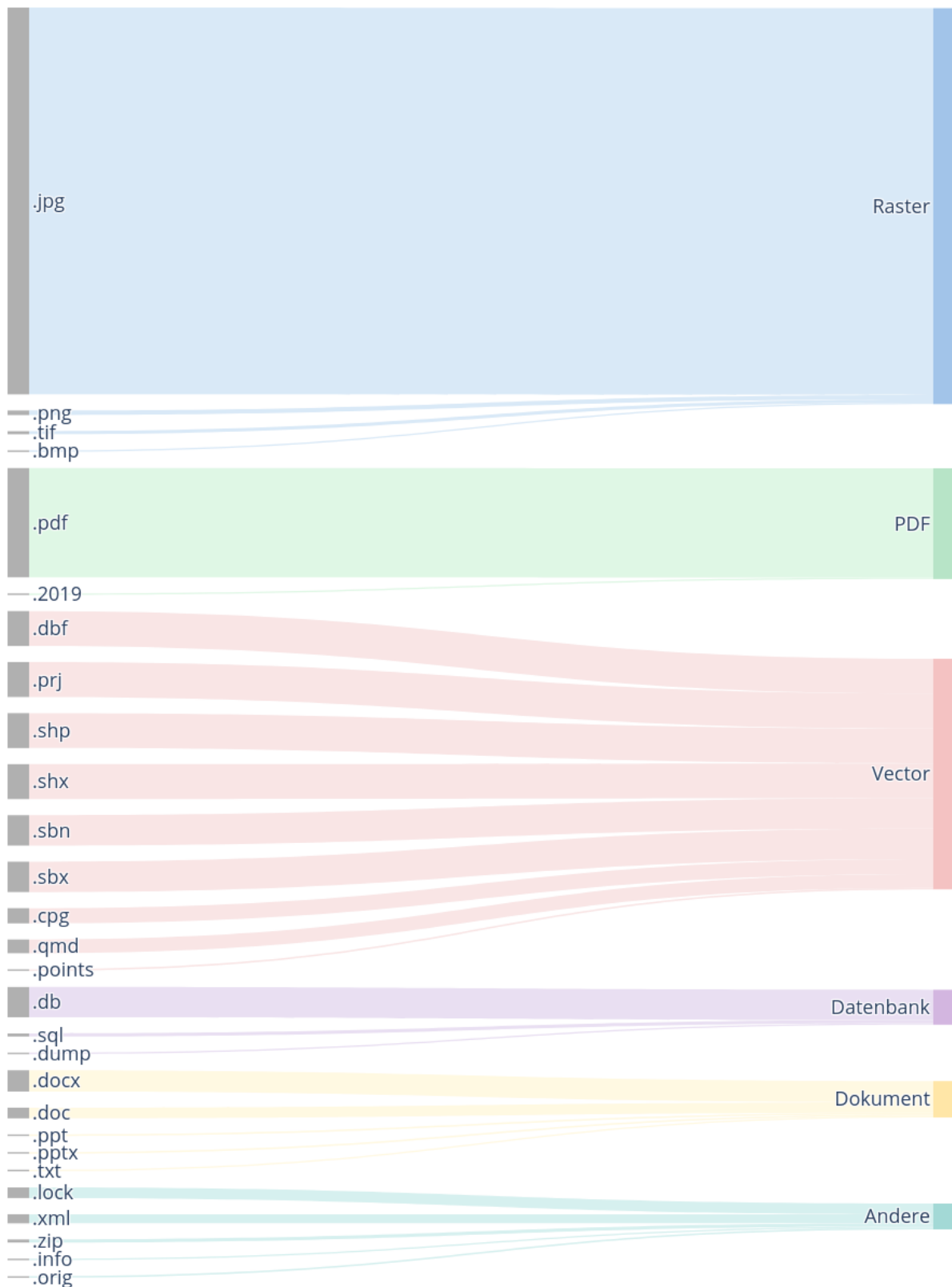


Abbildung 1. Gruppierung der bereitgestellten Dateien entsprechend gemeinsamer Merkmale nach einer eingehenden Analyse der einzelnen Dateien.

2.2 Recherchieren und sammeln von Daten externer Ressourcen

Im Rahmen des Projekts GEOHAB war es notwendig, relevante externe Ressourcen zu recherchieren und die entsprechenden Daten systematisch im Projekt GEOHAB zusammenzuführen, um die bestehenden Datenlücken zu schließen und die Untersuchungen der Verdachtsflächen weiter voranzutreiben. Dazu gehörte die Identifikation und Kontaktaufnahme mit verschiedenen Institutionen und Fachstellen, die über historische Daten, Berichte und Forschungsergebnisse zu den Untersuchungsgebieten verfügen könnten. Insbesondere ging es darum, Zugang zu geophysikalischen Messdaten (wie Bodenradarmessungen und Magnetik) sowie zu Protokollen von Bohrungen und Grabungen zu erhalten, die in der Vergangenheit durchgeführt wurden. Diese externen Ressourcen bilden eine wesentliche Grundlage für die geplanten geophysikalischen Messungen und tragen entscheidend zur Verfeinerung der Untersuchungshypothesen und der weiteren Planung der Feldarbeiten bei.

Im Folgenden wird die Datenerhebung im Detail beschrieben. Dabei werden umfassende Informationen zu den Kontakten mit verschiedenen Personen und Institutionen bereitgestellt. Diese Dokumentation soll nachfolgende Phasen dieses Projekts – oder potenzielle neue Projekte – dabei unterstützen, bestehende Lücken zu schließen oder bislang nicht berücksichtigte Informationen zu identifizieren und in die Analyse einzubeziehen.

2.2.1 Geophysikalische Daten

Im Rahmen des Projekts GEOHAB wurden bereits existierende geophysikalische Daten und Ergebnisse, insbesondere die magnetische Prospektion rund um den Kreuzstadl, recherchiert und eingebunden. Die Geosphere Austria, die einen Teil der Messungen durchgeführt hat, stellte die Daten bereitwillig zur Verfügung. Ergänzende magnetische Kartierungen und GPR-Messungen (Ground Penetrating Radar) wurden vom Ludwig Boltzmann Institut für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie (LBI ArchPro) durchgeführt. Diese Daten, obwohl bei der Geosphere Austria verwaltet, erforderten eine gesonderte Genehmigung von der Ludwig Boltzmann Gesellschaft (LBG).

Beschaffung der Daten

Der Prozess begann am 13. September 2024, als Matthias Steiner eine formelle Anfrage an Ingrid Schlögel von der Geosphere Austria richtete. Bereits am 18. September wurden erste Datensätze mit Nutzungseinschränkungen für interne Zwecke bereitgestellt. Zur formellen Freigabe kontaktierte Steiner Jürgen Busch von der LBG und lieferte eine detaillierte Nutzungsbeschreibung. Die LBG verlangte dabei klare Informationen über die Nutzung und mögliche Publikationen. Am 25. September erhielt Steiner schließlich die Genehmigung zur Datennutzung. Mit dieser Zustimmung bereitstellte Alois Hinterleitner von der Geosphere Austria am 9. Oktober 2024 die finalisierten Magnetik- und GPR-Daten zum Download.

Datum	Ereignis bzw. Aktivität
11.09.2024	Matthias Steiner sendet eine Anfrage an Ingrid Schlögel von der Geosphere Austria, um Zugang zu Magnetik- und GPR-Daten zu erhalten, die in der Umgebung des Kreuzstadls in Rechnitz gesammelt wurden.
13.09.2024	Alois Hinterleitner von der Geosphere Austria antwortet auf die Anfrage, erklärt die Herkunft der Daten und erwähnt, dass die Weitergabe der LBI ArchPro-Daten die Zustimmung der Ludwig Boltzmann Gesellschaft (LBG) erfordert.
18.09.2024	Matthias Steiner erhält eine Antwort von Alois Hinterleitner mit Informationen über die verfügbaren Datensätze und sendet eine weitere Anfrage zur Nutzung und Zitation der Daten.
	Matthias Steiner kontaktiert Jürgen Busch von der LBG, um die Freigabe der LBI ArchPro-Daten zu erbitten
19.09.2024	Matthias Steiner sendet eine detaillierte Beschreibung der vorgesehenen Datenverwendung an Jürgen Busch, um die Freigabe der Daten zu unterstützen.
25.09.2024	Jürgen Busch von der LBG bestätigt die Freigabe der LBI ArchPro-Daten für die TU Wien, basierend auf den Bestimmungen des Institutsvertrags.
	Matthias Steiner informiert Alois Hinterleitner über die Freigabe der LBI ArchPro-Daten durch die LBG.
09.10.2024	Alois Hinterleitner informiert, dass die vorbereiteten Daten über WeTransfer an Matthias Steiner gesendet wurden, mit detaillierten Beschreibungen der Datenformate und -inhalte.

Verwendung der Daten

Die erhaltenen existierenden geophysikalischen Daten wurden im Rahmen des Projekts GEOHAB umfassend analysiert und für verschiedene Vergleichsstudien herangezogen. Insbesondere dienten die Ergebnisse der magnetischen Prospektion (vgl. **Abbildung 2**) als wertvolle Grundlage, um die Resultate der im Projekt GEOHAB durchgeführten geophysikalischen Untersuchungen zu validieren und zu ergänzen. Der Abgleich der Messdaten ermöglichte eine differenzierte Bewertung der Detektionsergebnisse und trug dazu bei, die geophysikalische Charakterisierung des Untersuchungsgebiets deutlich zu präzisieren. Darüber hinaus wurden die externen geophysikalischen Daten genutzt, um Strukturen, die in historischen Luftbildern sowie in den hochauflösenden Geländemodellen erkennbar sind, gezielt nachzuverfolgen. Durch die Verknüpfung der unterschiedlichen Datensätze konnten potenzielle Anomalien und Muster identifiziert werden, die auf anthropogene oder geologische Besonderheiten hinweisen. Diese methodische Integration externer und projektinterner Daten ermöglichte eine tiefgehende Analyse der Gegebenheiten im Bereich des Kreuzstadls und schuf eine solide Grundlage für die weiteren wissenschaftlichen und archäologischen Untersuchungen im Projekt.

Schlussfolgerung

Die Beschaffung und Integration historischer geophysikalischer Daten im Projekt GEOHAB illustriert die komplexen Anforderungen an eine erfolgreiche Datenakquise. Der strukturierte, mehrstufige Prozess erforderte präzise Kommunikation, administratives Verständnis und eine enge Kooperation aller Beteiligten, darunter Ingrid Schlögel, Alois Hinterleitner, Klaus Löcker und Jürgen Busch. Die erhaltenen Daten erweiterten die Grundlagen für die laufenden Analysen signifikant und verbesserten die Bewertung geophysikalischer Ergebnisse im Gebiet Kreuzstadl.

2.2.2 Inaktive Datenbank zum Themenkomplex Rechnitz

Im Rahmen der Recherchen zu bestehenden Datenbeständen und früheren Untersuchungen zum Themenkomplex Rechnitz wurde Robert Peticzka von der Universität Wien kontaktiert. Peticzka spielte eine zentrale Rolle bei der Entwicklung und Verwaltung der ersten Rechnitz-Datenbank, die im Zuge mehrerer Projekte finanziert und betrieben wurde. Sein Name wurde mehrfach von Mitgliedern der Taskforce Rechnitz genannt, wenn es um bestehende Daten und Dokumentationen zu bisherigen Untersuchungen ging.

Die initiale Kontaktaufnahme erfolgte durch Adrian Flores Orozco per E-Mail am 10 September 2024. Peticzka bat um eine erneute Kontaktaufnahme Mitte Oktober. Nach mehreren weiteren Kontaktversuchen konnte schließlich Ende November 2024 ein persönliches Gespräch zwischen Flores Orozco und Peticzka stattfinden. Im Rahmen dieses Gesprächs gewährte Peticzka einen allgemeinen Einblick in seine bisherigen Arbeiten zu Rechnitz und bestätigte, dass die Rechnitz-Datenbank über mehrere Projektphasen hinweg finanziert und weiterentwickelt wurde. Aufgrund fehlender langfristiger Finanzierungsmöglichkeiten wurde der Betrieb der Datenbank jedoch eingestellt, wie es auch innerhalb der Taskforce Rechnitz kommuniziert worden war. Darüber hinaus informierte Peticzka, dass der Zugriff auf die in der Datenbank gespeicherten Daten nur auf Anordnung oder mit ausdrücklicher Genehmigung der damaligen auftraggebenden Institutionen möglich sei. Insbesondere wurde in diesem Zusammenhang das österreichische Innenministerium als zuständige Stelle genannt.

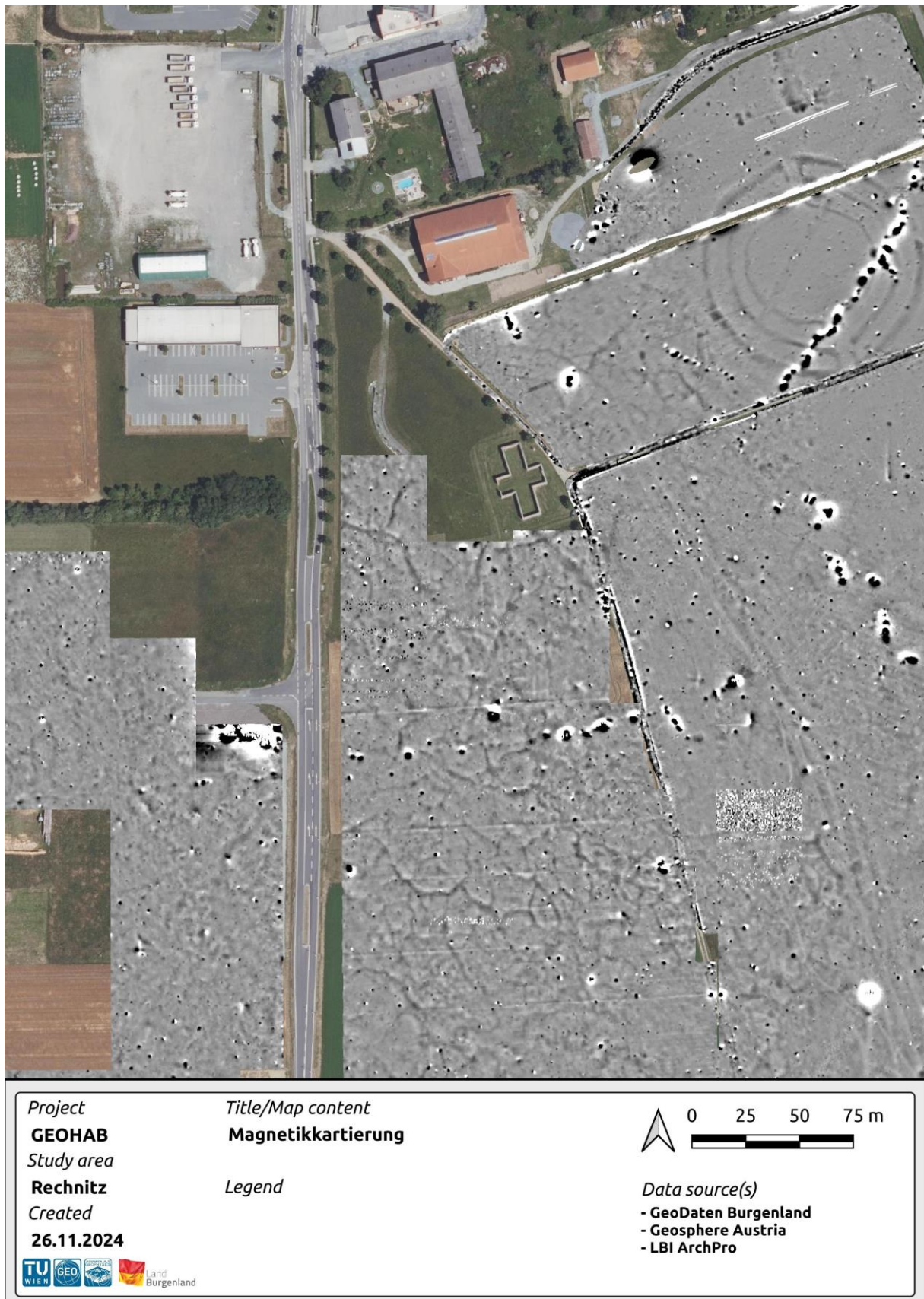


Abbildung 2. Visualisierung der kartierten magnetischen Eigenschaften auf den Flächen in der Umgebung des Kreuzstadls in Rechnitz.

2.2.3 Digitales Geländemodell

Im Rahmen des Projekts GEOHAB wurde ein hochauflösendes Digitales Geländemodell (DGM) über das Geodaten-Portal des Landes Burgenland bezogen. Dieses Modell zeichnet sich durch eine Auflösung von 50 cm aus und liefert präzise Informationen über die Topographie des Untersuchungsgebiets rund um den Kreuzstadl und anderer relevanter Flächen im Ortgebiet von Rechnitz (siehe **Abbildung 3**). Diese hohe Auflösung ermöglicht eine differenzierte Analyse von Geländeformen und Strukturen, die für die Interpretation geophysikalischer Daten sowie für archäologische und geowissenschaftliche Untersuchungen von zentraler Bedeutung sind. Das im Projekt GEOHAB genutzte Geländemodell spielt eine zentrale Rolle bei der Analyse und Modellierung geophysikalischer Daten. Die präzisen Höhendaten ermöglichen es, die Topographie des Untersuchungsgebiets korrekt in die Interpretation von geophysikalischen Messungen einzubeziehen. Die Integration des DGMs stellt sicher, dass Geländevariationen und topographische Einflüsse auf die geophysikalischen Daten berücksichtigt werden, wodurch die Genauigkeit der Analyse erheblich gesteigert wird. Darüber hinaus unterstützt das Geländemodell die Identifikation von Strukturen, die möglicherweise auf historische Eingriffe oder natürliche Prozesse hinweisen. Beispielsweise können subtile Geländeformen, die in den geophysikalischen Daten als Anomalien erscheinen, mit den topographischen Informationen des DGMs abgeglichen werden, um deren Ursprung besser zu verstehen. Auf diese Weise bildet das hochauflösende Geländemodell eine unverzichtbare Grundlage für die wissenschaftliche Arbeit im Projekt und trägt maßgeblich zur Qualität der erzielten Ergebnisse bei.

2.2.4 Andere geowissenschaftliche Daten und Informationen

Im Rahmen des Projekts GEOHAB wurden verschiedene geowissenschaftliche Daten recherchiert, die wertvolle Informationen zum Untersuchungsgebiet Rechnitz liefern. Diese Daten wurden systematisch in ein gemeinsames GIS-Projekt integriert und, wo erforderlich, einer spezifischen Prozessierung und Aufbereitung unterzogen, um ihre Nutzung und Auswertbarkeit zu optimieren. Ein wesentlicher Bestandteil der gesammelten Daten sind die landwirtschaftlichen Bodenkarten Österreichs, die sowohl Informationen zur Wasserpermeabilität als auch zur Bodentextur, d.h. zur Korngröße, umfassen. Diese Karten stellen eine wichtige Grundlage für die Analyse der Bodenverhältnisse in der Region dar (siehe **Abbildung 4**). Die Daten sind über das INSPIRE-Geoportal zugänglich und können als WMS/WMTS-Layer eingebunden werden. Zudem wurde die geologische Karte des Burgenlandes im Maßstab 1:200.000 von Geosphere Austria als Shapefile in das GIS-Projekt integriert. Da dieser Datensatz jedoch keine stilistischen Informationen wie Symbole, Flächenmuster oder Farben enthält, war es notwendig, den Stil der Karte manuell zu rekonstruieren (siehe **Abbildung 5**). Durch die systematische Integration und Aufbereitung dieser externen geowissenschaftlichen Daten wurde eine fundierte Grundlage für die weiterführenden Untersuchungen im Rahmen des Projekts GEOHAB geschaffen.

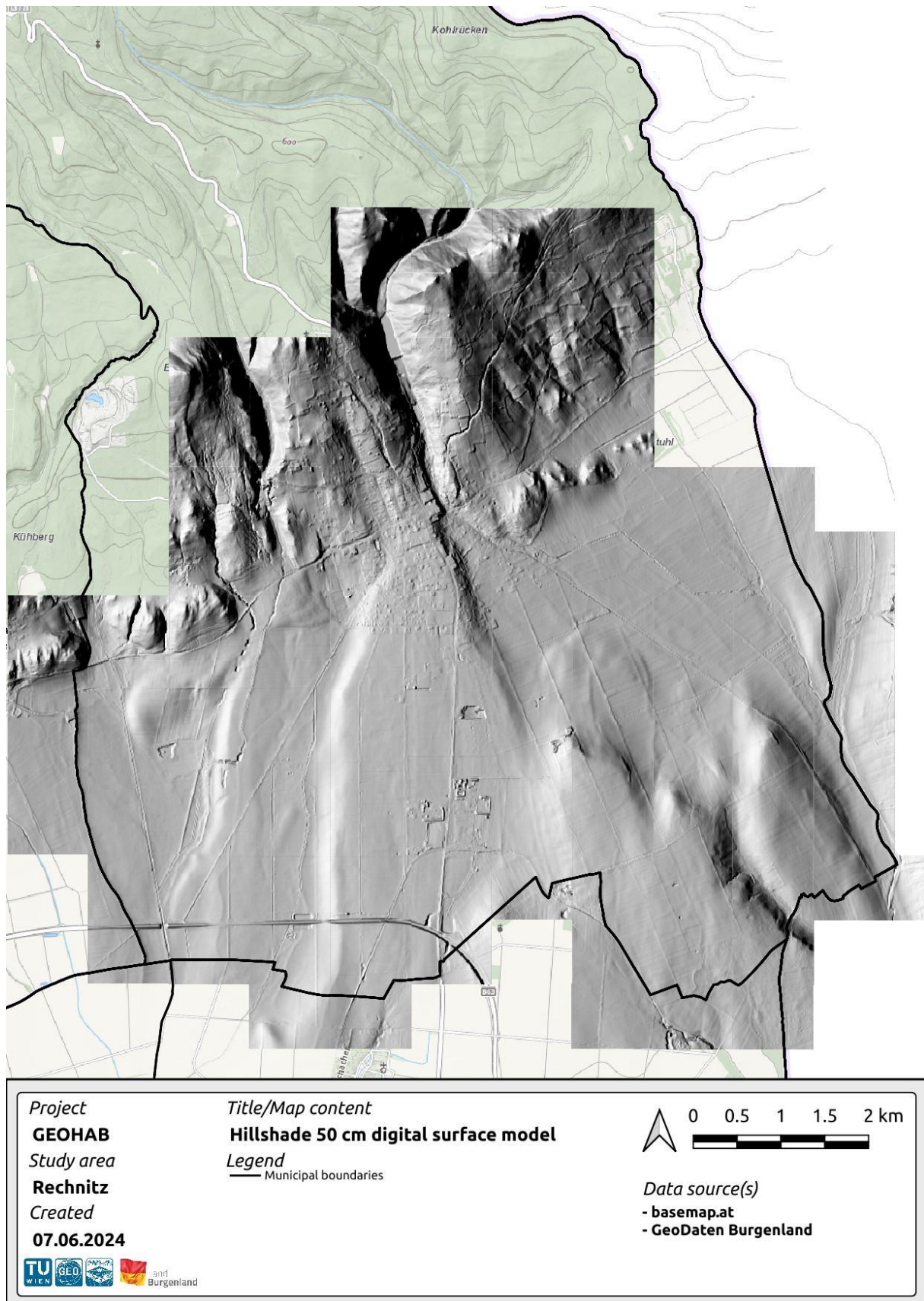


Abbildung 3. Schumierung des digitalen Geländemodells mit 50 cm Auflösung für das Gemeindegebiet von Rechnitz.

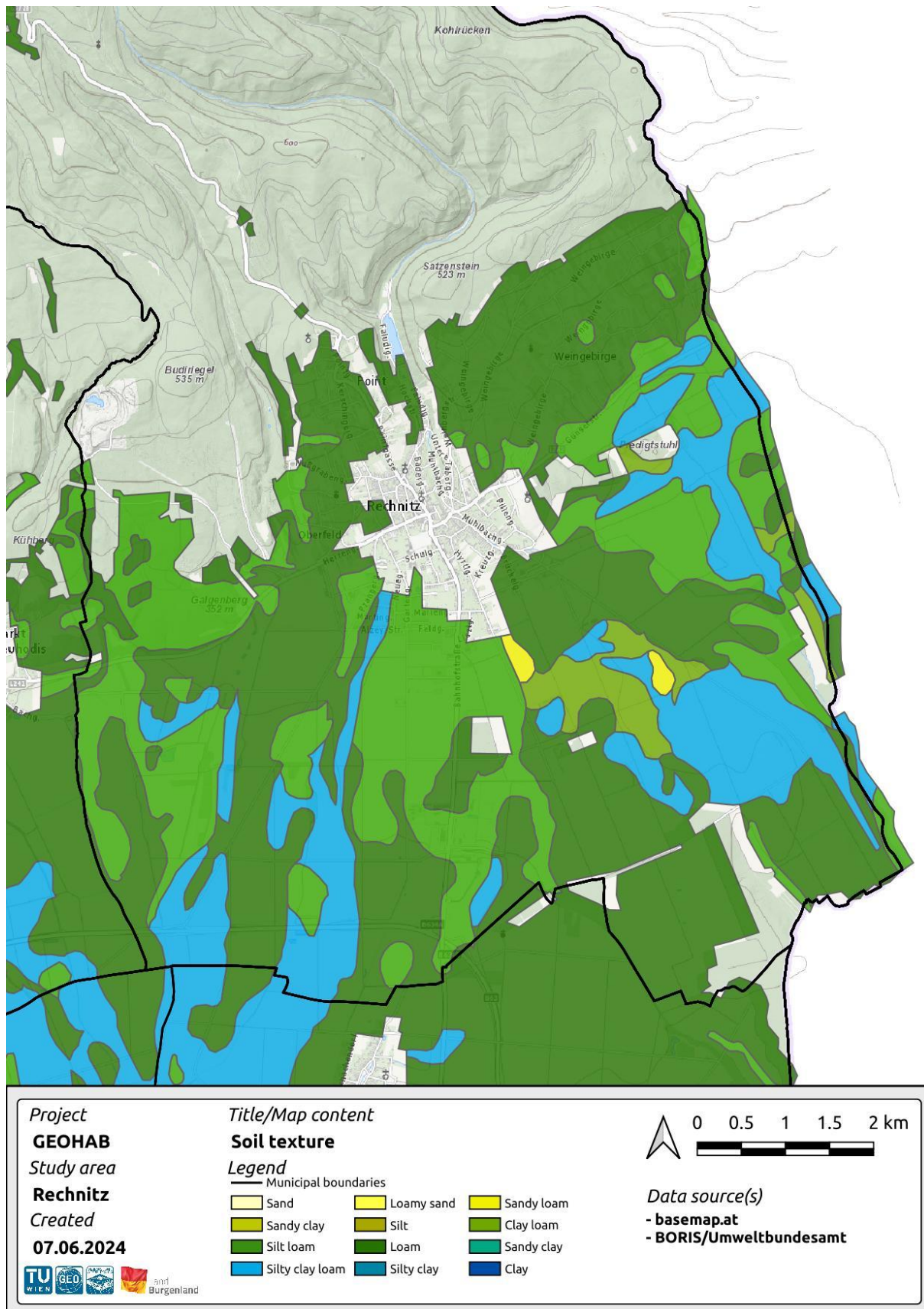


Abbildung 4. Darstellung der Informationen hinsichtlich der Korngröße Klassifizierung der Bodentextur für das Gemeindegebiet von Rechnitz.

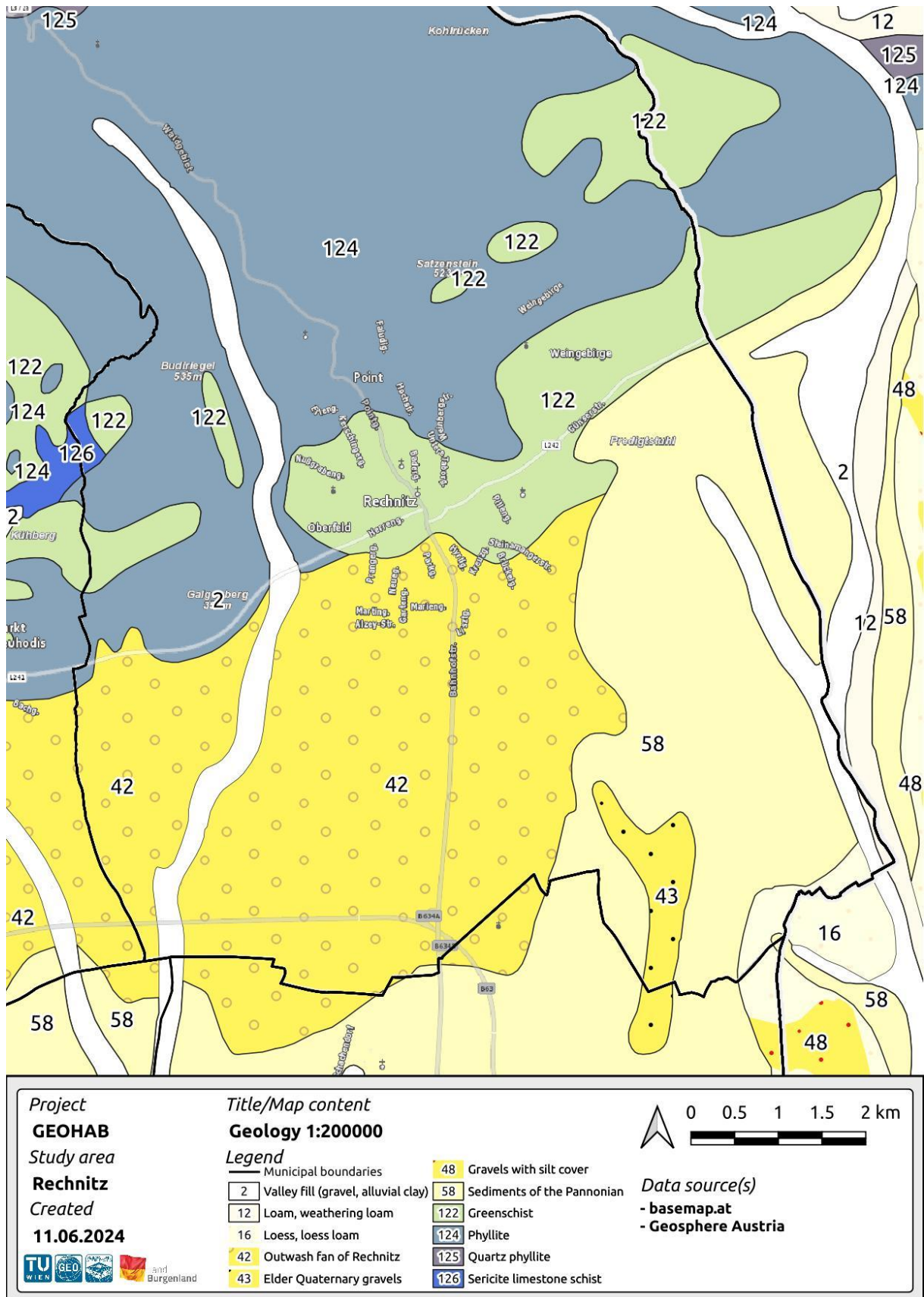


Abbildung 5. Übersicht der geologischen Situation im Gemeindegebiet von Rechnitz basierend auf der geologischen Kartierung im Maßstab 1:200000.

2.2.5 Historische Luftbilder

Im Rahmen des Projekts GEOHAB wurden historische Luftbilder des Bundesamts für Eich- und Vermessungswesen über das Geodaten-Portal des Landes Burgenland bezogen. Da es sich bei diesen Bilddaten nicht um entzerrte Orthofotos, sondern um nicht georeferenzierte und nicht eingenordete historische Luftbilder handelt, war eine gezielte Georeferenzierung erforderlich, um sie in das GIS-Projekt zu integrieren. Dieser Schritt war notwendig, um die Luftbilder mit modernen Geodaten zu kombinieren und so eine präzise Analyse der Veränderungen im Untersuchungsgebiet Rechnitz über mehrere Jahrzehnte hinweg zu ermöglichen.

Die Georeferenzierung der historischen Luftbilder erfolgte durch die Identifikation und Zuordnung von sogenannten Ground Control Points (GCPs), deren geographische Positionen sowohl in den historischen Bildern als auch in aktuellen geodätischen Daten bekannt sind. Auf Basis dieser GCPs wurden die Bilder einer räumlichen Transformation unterzogen, die es ermöglichte, sie in das geographische Koordinatensystem zu überführen. Diese georeferenzierten Luftbilder bieten nun wertvolle Informationen, die zur Untersuchung von geophysikalischen Anomalien oder anderen relevanten Merkmalen im Zusammenhang mit dem Massengrab und anderen historischen Ereignissen im Untersuchungsgebiet beitragen können.

Besonders relevant für das Projekt GEOHAB sind die Luftbilder aus den Jahren 1958, 1968 und 1979 (**Abbildung 6**, **Abbildung 7** und **Abbildung 8**). Der Fokus liegt auf dem Zeitraum, in dem möglicherweise noch Hinweise auf das Massengrab sowie auf verwandte historische Ereignisse und Strukturen erkennbar sind. Die gezielte Analyse dieser Veränderungen ermöglicht es, Veränderungen in der Landschaft und in der Infrastruktur im Kontext relevanter geophysikalischer Anomalien zu erkennen und zu dokumentieren.

Die georeferenzierten Luftbilder leisten somit einen wesentlichen Beitrag zur geowissenschaftlichen Datengrundlage des Projekts GEOHAB. Sie unterstützen die fundierte Analyse und Interpretation der Region und tragen dazu bei, potenzielle Hinweise auf historische Ereignisse, wie das Massengrab, zu identifizieren. Zudem ermöglicht die präzise Überlagerung der historischen Luftbilder mit aktuellen Daten eine detaillierte Darstellung der Landschafts- und Nutzungsgeschichte des Gebiets, was die geowissenschaftliche Untersuchung weiter bereichert.



Abbildung 6. Georeferenzierte Luftbilder aufgenommen über dem Gemeindegebiet Rechnitz im Rahmen einer Befliegung im Jahr 1958 (als Hintergrund das aktuelle Orthophoto).



Abbildung 7. Georeferenzierte Luftbilder aufgenommen über dem Gemeindegebiet Rechnitz im Rahmen einer Befliegung im Jahr 1968 (als Hintergrund das aktuelle Orthophoto).

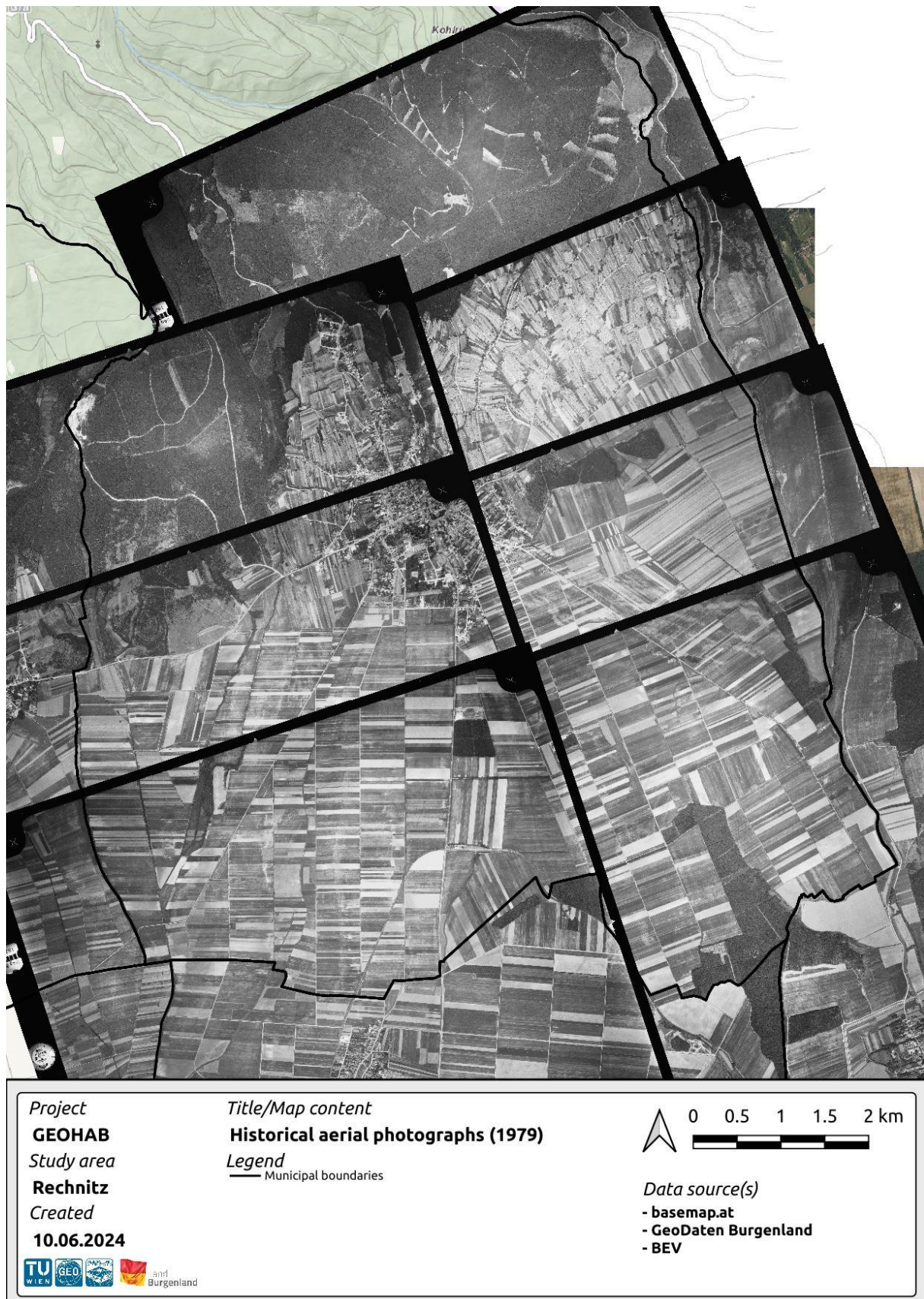


Abbildung 8. Georeferenzierte Luftbilder aufgenommen über dem Gemeindegebiet Rechnitz im Rahmen einer Befliegung im Jahr 1979 (als Hintergrund das aktuelle Orthophoto).

3 Konzept für Forschungsplattform

Das Hauptziel dieser Forschungsplattform ist die Verwaltung von Dokumenten, Geodaten und Untersuchungen bei gleichzeitiger Verfolgung der Beiträge der Benutzer und Aufrechterhaltung eines robusten Prüfpfads. Das Design der zentralen Datenbank der Forschungsplattform umfasst relationale Strukturen, um eine effiziente Organisation und Abfrage von Daten zu gewährleisten, sowie räumliche Datentypen zur Unterstützung von PostGIS für die Verarbeitung von Geodaten (siehe **Abbildung 9**). Mit speziellen Abschnitten für Ressourcenmanagement, Änderungsverfolgung und Benutzerbeiträge gewährleistet die Datenbankstruktur sowohl Flexibilität als auch Zuverlässigkeit bei der Verwaltung komplexer Forschungsdaten. Darüber hinaus gewährleistet das Überprüfungsprotokoll die Rechenschaftspflicht, indem es für alle neuen oder geänderten Einträge eine Überprüfung durch einen zweiten Benutzer vorschreibt.

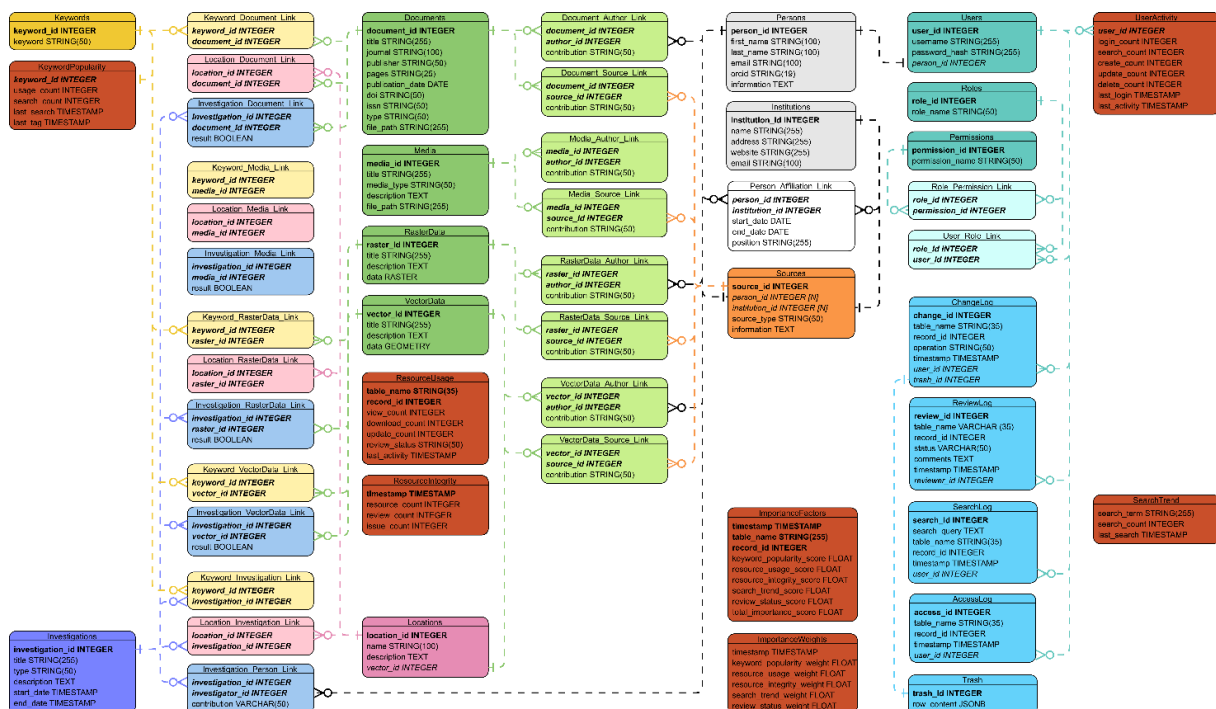


Abbildung 9. Das Entity-Relationship-Diagramm (ERD) der für die Forschungsplattform erstellten Datenbank, in der sämtliche für die zielgerichtete Recherche und Analyse von Zusammenhängen notwendigen Ressourcen verwaltet werden können.

3.1 Benutzerverwaltung und Zugriffssteuerung

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie Benutzer, Rollen und Berechtigungen innerhalb der Datenbank verwaltet werden, um die Sicherheit und die richtige Zugriffskontrolle zu gewährleisten.

3.1.1 Tabelle Persons

In der Tabelle Persons werden wichtige Details zu Personen gespeichert, z. B. ihre Namen, Zugehörigkeit, Kontaktinformationen und die eindeutige Forscherkennung (ORCID). Sie dient als zentrale Referenz für die Verknüpfung von Personen mit Dokumenten, Geodaten und Untersuchungen.

3.1.2 Tabelle Institutions

In der Tabelle Institutions werden Informationen über Organisationen, Universitäten und Forschungszentren gespeichert, mit denen Personen möglicherweise in Verbindung stehen. Jeder Datensatz enthält den Namen der Einrichtung, ihren Standort und Kontaktinformationen. Diese Tabelle spielt eine wichtige Rolle bei der Verfolgung der beruflichen Zugehörigkeit von Mitwirkenden und Nutzern und ermöglicht eine effiziente Verknüpfung von Personen mit ihren jeweiligen Institutionen.

3.1.3 Tabelle Person_Affiliation_Link

Die Tabelle Person_Affiliation_Link erfasst die Verbindungen zwischen Personen und Institutionen. Jeder Eintrag erfasst die Person, ihre Institution, das Anfangs- und Enddatum ihrer Zugehörigkeit und ihre Rolle innerhalb der Institution. Dadurch wird sichergestellt, dass die Datenbank den beruflichen Werdegang und die Zugehörigkeit von Personen im Laufe der Zeit genau wiedergeben kann.

3.1.4 Tabelle Users

Die Tabelle Users verknüpft einzelne Personen mit Systembenutzern. Sie enthält Anmeldedaten wie einen eindeutigen Benutzernamen und ein gehashtes Passwort. Jeder Benutzer ist auch mit einem Datensatz in der Tabelle Persons verknüpft, so dass alle Systembenutzer über zugehörige persönliche Informationen verfügen.

3.1.5 Tabelle Roles

Die Tabelle Roles definiert die verschiedenen Benutzerrollen im System.

Admin (de: Administration)

Vollständige Kontrolle über das System, einschließlich der Verwaltung von Benutzern, der Zuweisung von Rollen und der Durchführung aller Vorgänge an Dokumenten, Medien und Daten. Admins sind für die Überwachung der Benutzerverwaltung und die Moderation von Inhalten zuständig.

Principal Researcher (de: Leitende Forschende)

Benutzerrolle, die für die Erstellung und Überprüfung von Forschungsinhalten zuständig ist, sowie Forschungsmaterialien (Dokumente, Untersuchungen, Medien) verwalten und die Inhalte anderer Nutzer überprüfen kann. Vollständiger Zugriff auf Überprüfungsprotokolle, Änderungsprotokolle und die Papierkorbverwaltung.

Researcher (de: Forschende)

In erster Linie für das Einstellen neuer Forschungsinhalte wie Dokumente, Daten und Untersuchungen zuständig. Sie können ihre eigene Arbeit bearbeiten und löschen und sind berechtigt, Schlüsselwörter und Links zu erstellen, zu aktualisieren und zu löschen und sind auch an der Überprüfung der Inhalte von Forschungsassistenten und der Zuweisung von Schlüsselwörtern zu Ressourcen beteiligt.

Assistant Researcher (de: Forschungsassistent)

Benutzerrolle, die bestehende Ressourcen (Dokumente, Untersuchungen usw.) verknüpfen und Schlüsselwörter erstellen kann. Benutzer mit dieser Rolle verfügen nicht über die Berechtigung, Ressourcen zu erstellen oder zu ändern, können aber Links und Schlagwörter aktualisieren und löschen. Diese Benutzerrolle konzentriert sich damit auf die Organisation von Daten, ohne Zugang zur Überprüfung der Arbeit anderer Forscher.

Guest (de: Gast)

Eine eingeschränkte Benutzerrolle mit der Berechtigung auf überprüfte Inhalte zuzugreifen, aber ohne die Möglichkeit sich an der Erstellung oder Änderung von Inhalten zu beteiligen.

3.1.6 Tabelle Permissions

In der Tabelle Permissions werden alle verfügbaren Systemberechtigungen gespeichert. Diese Berechtigungen legen fest, welche Aktionen ein Benutzer in einer bestimmten Rolle durchführen kann.

3.1.7 Tabellen User_Role_Link and Role_Permission_Link

Die Tabelle User_Role_Link definiert die Beziehungen zwischen Benutzern und den ihnen zugewiesenen Rollen, so dass das System bestimmen kann, welche Aktionen ein Benutzer auf der Grundlage seiner Rolle durchführen kann. Die Tabelle Role_Permission_Link (siehe **Tabelle 1**) verfeinert diese Berechtigungen weiter, indem sie Rollen bestimmten Berechtigungen innerhalb des Systems zuordnet und so sicherstellt, dass die rollenbasierte Zugriffskontrolle in allen Tabellen und Datentypen einheitlich durchgesetzt wird.

Tabelle 1. Zuordnung von Datenbankberechtigungen zu den verschiedenen Benutzerrollen.

	Admin	Principal Researcher	Researcher	Assistant Researcher	Guest
Benutzer erstellen/löschen	✓	✗	✗	✗	✗
Benutzerrollen verwalten	✓	✗	✗	✗	✗
Dokument erstellen und ändern	✓	✓	✓	✗	✗
Dokument löschen	✓	✓	✗	✗	✗
Medien erstellen und ändern	✓	✓	✓	✗	✗
Medien löschen	✓	✓	✗	✗	✗
Rasterdaten erstellen und ändern	✓	✓	✓	✗	✗
Rasterdaten löschen	✓	✓	✗	✗	✗
Vektordaten erstellen und ändern	✓	✓	✓	✗	✗
Vektordaten löschen	✓	✓	✗	✗	✗
Untersuchung erstellen und ändern	✓	✓	✓	✗	✗
Untersuchung löschen	✓	✓	✗	✗	✗
Lokation erstellen und ändern	✓	✓	✓	✗	✗
Lokation löschen	✓	✓	✗	✗	✗
Schlagwort erstellen	✓	✓	✓	✓	✗
Schlagwort ändern und löschen	✓	✓	✓	✗	✗
Schlagwort zuweisen	✓	✓	✓	✓	✗
Schlagwort entfernen	✓	✓	✓	✗	✗
Eigenes Schlagwort entfernen	✓	✓	✓	✓	✗
Quelle erstellen und ändern	✓	✓	✓	✗	✗
Quelle löschen	✓	✓	✗	✗	✗
Link erstellen	✓	✓	✓	✓	✗
Link ändern und löschen	✓	✓	✓	✗	✗
Eigenen Link ändern und löschen	✓	✓	✓	✓	✗
Geprüften Inhalt anzeigen	✓	✓	✓	✓	✓
Ungeprüften Inhalt anzeigen	✓	✓	✓	✗	✗
Eigenen ungeprüften Inhalt anzeigen	✓	✓	✓	✓	✗
Inhalt prüfen	✓	✓	✓	✗	✗
Gelöschten Inhalt wiederherstellen	✓	✓	✗	✗	✗
Papierkorb verwalten	✓	✓	✗	✗	✗
Änderungs- und Prüfprotokolle verwalten	✓	✓	✗	✗	✗

3.2 Protokollierung

Um die Nachverfolgbarkeit von Verantwortlichkeiten und die Integrität der Daten zu gewährleisten, verfügt die Datenbank über umfassende Protokollierungsmechanismen, die Änderungen und Überprüfungen nachverfolgen.

3.2.1 Tabelle ChangeLog

In der Tabelle ChangeLog wird jede Änderung an der Datenbank erfasst, einschließlich Einfügungen, Aktualisierungen und Löschungen. Jeder Protokolleintrag enthält die Tabelle, in der die Änderung vorgenommen wurde, den betroffenen Datensatz, die Art der Operation und den Benutzer, der die Aktion durchgeführt hat. Dies ermöglicht eine vollständige Rückverfolgbarkeit der Änderungen und stellt sicher, dass alle Änderungen leicht nachprüfbar sind.

3.2.2 Tabelle Trash

In der Tabelle Trash werden Datensätze gespeichert, die zum Löschen markiert, aber noch nicht endgültig aus der Datenbank entfernt wurden. Jeder Eintrag entspricht einem Datensatz in der Tabelle ChangeLog, so dass das System nachvollziehen kann, wer die Löschung veranlasst hat und wann sie erfolgt ist. Diese Tabelle stellt sicher, dass versehentlich gelöschte Datensätze bei Bedarf wiederhergestellt werden können.

3.2.3 Tabelle ReviewLog

Die Tabelle ReviewLog ist eine wesentliche Komponente, die sicherstellt, dass neue Datensätze oder Links von einem zweiten Benutzer überprüft werden. Jeder Datensatz im Überprüfungsprotokoll erfasst die Tabelle und den zu überprüfenden Datensatz, den aktuellen Status der Überprüfung (z. B. „ausstehend“, „genehmigt“, „abgelehnt“) und alle Kommentare des Überprüfers. Dieses Vier-Augen-Prinzip sorgt für ein hohes Maß an Genauigkeit und minimiert Fehler, da nur verifizierte Informationen in das System aufgenommen werden.

3.2.4 Tabelle AccessLog

In der Tabelle AccessLog wird jeder Zugriff eines Benutzers auf das System aufgezeichnet, wobei Details wie die Uhrzeit des Zugriffs, der beteiligte Benutzer und die Ressource, auf die zugegriffen wird, erfasst werden. Diese Tabelle ist für die Sicherheit und die Nachverfolgbarkeit von wesentlicher Bedeutung, da sie eine Auflistung der Benutzeraktivitäten liefert, die dabei hilft, zu verstehen, wie Daten genutzt werden und wie der Zugriff erfolgt.

3.2.5 Tabelle SearchLog

In der Tabelle SearchLog werden alle Benutzersuchen in der Datenbank erfasst und Details wie die Suchanfrage, der Benutzer, der die Suche initiiert hat, und der Zeitstempel gespeichert. Dieses Protokoll hilft bei der Analyse des Nutzerverhaltens, beim Verständnis beliebter Suchbegriffe und bei der Verbesserung der Suchfunktionen im Laufe der Zeit.

3.2.6 Tabelle UserActivity

Die Tabelle UserActivity verfolgt die Interaktionen einzelner Benutzer mit dem System und erfasst wichtige Kennzahlen wie die Anzahl der Anmeldungen, Suchvorgänge und Ressourcenänderungen (z. B. Erstellen, Aktualisieren, Löschen). Diese Tabelle protokolliert auch den Zeitpunkt der letzten Anmeldung des Benutzers und der letzten aufgezeichneten Aktivität. Diese Tabelle ist wichtig, um zu verstehen, wie Benutzer mit der Plattform umgehen, und um Aktivitätstrends zu überwachen, was sie sowohl für Sicherheitsaudits als auch für die Analyse des Nutzerverhaltens nützlich macht.

3.2.7 Tabelle ResourceUsage

Die Tabelle ResourceUsage überwacht, wie die Ressourcen in der Datenbank genutzt werden. Sie erfasst die Tabellen- und Datensatz-ID der Ressource, die Anzahl der Aufrufe, Downloads oder Aktualisierungen sowie den aktuellen Überprüfungsstatus. Die Tabelle protokolliert auch den Zeitstempel der letzten Interaktion mit der Ressource. Diese Daten sind entscheidend für die Bewertung der Beliebtheit und Relevanz von Ressourcen und die Ermittlung von Bereichen, in denen Ressourcen möglicherweise weitere Aufmerksamkeit oder Überprüfung benötigen.

3.2.8 Tabelle ResourceIntegrity

Die Tabelle ResourceIntegrity bietet einen Überblick über die Datenintegrität der Ressourcen im System. Sie speichert tägliche Momentaufnahmen des Zustands der Ressourcen, einschließlich der Gesamtzahl der Ressourcen, der Anzahl der überprüften Ressourcen und aller markierten Probleme. Durch die regelmäßige Aktualisierung dieser Tabelle stellt das System eine kontinuierliche Datenqualität sicher und kann potenzielle Probleme, die behoben werden müssen, schnell erkennen, was sie zu einer Schlüsselkomponente für die Aufrechterhaltung der Integrität der Datenbank macht.

3.2.9 Tabelle KeywordPopularity

Die Tabelle KeywordPopularity zeigt an, wie häufig Schlüsselwörter in der Datenbank verwendet und gesucht werden. Sie zeichnet auf, wie oft ein Schlüsselwort auf Ressourcen angewendet wurde, wie viele Suchanfragen das Schlüsselwort enthielt und welche Zeitstempel die letzten Such- und Tagging-Aktivitäten hatten. Anhand dieser Tabelle können Administratoren feststellen, welche Schlüsselwörter für die Benutzer am relevantesten sind,

was sie zu einem wertvollen Werkzeug für die Optimierung der Suchfunktionen und das Verständnis von Trends bei der Verwendung von Schlüsselwörtern macht.

3.2.10 Tabelle SearchTrend

Die Tabelle SearchTrend protokolliert die Häufigkeit und den Zeitpunkt der Suche nach bestimmten Begriffen in der Datenbank. Für jeden Suchbegriff werden die Gesamtzahl der Suchvorgänge und das Datum der letzten Abfrage aufgezeichnet. Diese Tabelle ist wichtig, um das Suchverhalten der Nutzer zu verstehen, aufkommende Trends zu erkennen und die Suchalgorithmen zu verfeinern, um bessere Ergebnisse auf der Grundlage beliebter Suchanfragen zu erzielen.

3.2.11 Tabelle ImportanceWeights

In der Tabelle ImportanceWeights werden die Gewichtungswerte gespeichert, die den einzelnen Faktoren zugewiesen werden, die zur Gesamtbewertung der Ressourcen in der Datenbank beitragen. Die Tabelle enthält einen Zeitstempel, um nachzuvollziehen, wann die Gewichtungen zuletzt aktualisiert wurden, um sicherzustellen, dass Änderungen einheitlich auf alle Ressourcen angewendet werden. Diese Gewichtungen sind entscheidend dafür, wie sich verschiedene Faktoren - z. B. Stichwortpopularität, Ressourcennutzung und Überprüfungsstatus - auf die berechnete Wichtigkeitsbewertung jeder Ressource auswirken.

3.2.12 Tabelle ImportanceFactors

Die Tabelle ImportanceFactors speichert die berechneten Komponenten der Wichtigkeitsbewertung für jede Ressource im System. Für jede Ressource werden Werte für Faktoren wie Schlagwortpopularität, Ressourcennutzung und Überprüfungsstatus sowie die Gesamtbewertung der Wichtigkeit aufgezeichnet. Die Tabelle wird regelmäßig aktualisiert und mit einem Zeitstempel versehen, der angibt, wann die Punktzahlen zuletzt berechnet wurden. Diese Tabelle ist wichtig für die Einstufung von Ressourcen auf der Grundlage ihrer berechneten Wichtigkeit und hilft Benutzern und Administratoren, die wichtigsten Inhalte zu priorisieren.

3.3 Ressourcenmanagement

In diesem Abschnitt wird der Umgang mit den zentralen Ressourcen der Forschungsplattform beschrieben.

3.3.1 Tabelle Sources

In der Tabelle Quellen werden Informationen über Personen oder Institutionen gespeichert, die Dokumente, Geodaten oder Medien zur Datenbank beigetragen haben. Diese Tabelle enthält Details wie den Namen der Quelle, den Typ (Person oder Institution) und

Kontaktinformationen. Sie dient als wichtiger Bezugspunkt für die Verfolgung der Herkunft von Daten im System.

3.3.2 Tabelle Documents

In der Tabelle Dokumente werden bibliografische Informationen zu veröffentlichten Dokumenten gespeichert, darunter Titel, Zeitschrift, DOI und Veröffentlichungsdatum. Sie enthält auch den Dateipfad für den Zugriff auf die digitale Version des Dokuments.

3.3.3 Tabelle Media

In der Tabelle Media werden Audio- und Videodateien gespeichert, die Teil der Forschungsdaten sind. Jeder Datensatz enthält einen Titel, eine Beschreibung, den Medientyp (Audio oder Video), den Dateipfad und relevante Metadaten. Diese Tabelle ermöglicht die Integration von Multimedia-Ressourcen in Forschungsuntersuchungen und bietet einen reicheren Kontext und ergänzende Materialien für Dokumente und Geodaten.

3.3.4 Tabellen RasterData und VectorData

Die Tabelle RasterData speichert rasterbasierte Geodaten, während die Tabelle VectorData vektorbasierte Daten speichert, die beide PostGIS Datentypen verwenden. Jeder Datensatz verfügt über deskriptive Metadaten, einschließlich eines Titels und einer Beschreibung der Daten, und kann mit Autoren und Untersuchungen verknüpft werden.

3.3.5 Tabellen Document_Source_Link, Media_Source_Link, RasterData_Source_Link und VectorData_Source_Link

Diese Verknüpfungstabellen stellen Beziehungen zwischen Dokumenten, Medien, Rasterdaten, Vektordaten und ihren jeweiligen Quellen her. Jeder Datensatz gibt an, aus welcher Quelle die Daten stammen, so dass die Benutzer den Ursprung der in der Datenbank gespeicherten Ressourcen zurückverfolgen können und die ordnungsgemäße Zuordnung zu den Mitwirkenden gewährleistet ist.

3.3.6 Tabellen Document_Author_Link, Media_Author_Link, RasterData_Author_Link und VectorData_Author_Link

Diese Verknüpfungstabellen ordnen Dokumente, Medien, Raster- und Vektordaten ihren jeweiligen Autoren zu und ermöglichen so die Nachverfolgung der Autorenbeiträge. Jeder Datensatz spezifiziert die Person und ihren Beitrag zur Ressource.

3.4 Verwaltung von Untersuchungen

Untersuchungen sind die zentralen Forschungsaktivitäten im System. In diesem Abschnitt wird erläutert, wie Untersuchungen und die damit verbundenen Personen und Ressourcen verwaltet werden.

3.4.1 Tabelle Investigations

In der Tabelle Investigations werden die Einzelheiten jeder Forschungsuntersuchung erfasst, einschließlich Titel, Art, Beschreibung und Dauer der Untersuchung.

3.4.2 Tabelle Investigation_Person_Link

In dieser Tabelle werden die Untersuchungen mit den beteiligten Personen verknüpft, wobei deren spezifische Beiträge (z. B. leitende Person, Datenanalyst, Feldforscher) zusammen mit dem Zeitstempel, an dem ihr Beitrag erstellt wurde, erfasst werden. Die Bezugnahme auf tatsächlich durchgeführten Aktivitäten anstelle von generischen Rollenbezeichnungen innerhalb der Untersuchungen hebt den spezifischen Beitrag der einzelnen Personen zu jeder Untersuchung hervor.

3.4.3 Tabellen [Investigation_Document_Link](#), [Investigation_Media_Link](#), [Investigation_RasterData_Link](#), and [Investigation_VectorData_Link](#)

In diesen Tabellen werden Untersuchungen mit Dokumenten, Medien, Raster- und Vektordaten verknüpft. So lässt sich nachverfolgen, welche Ressourcen mit bestimmten Untersuchungen verbunden sind und ob sie zu den endgültigen Ergebnissen der Untersuchung beigetragen haben.

3.5 Verwaltung von Lokationen

Dieser Abschnitt erläutert, wie geografische Standorte innerhalb des Systems verwaltet und mit anderen Ressourcen verknüpft werden, um eine robuste geografische Verfolgung und Analyse innerhalb der Forschungsumgebung zu ermöglichen.

3.5.1 Tabelle Locations

Die Tabelle Locations definiert Orte mit Attributen wie Titel und Beschreibung. Jeder Ort ist mit einem Vektordatensatz für die geografische Referenzierung verknüpft.

3.5.2 Tabellen [Location_Document_Link](#), [Location_Media_Link](#), [Location_RasterData_Link](#), and [Location_Investigation_Link](#)

Diese Verknüpfungstabellen bieten Links zwischen Orten und anderen Entitäten im System, so dass die Benutzer Dokumente, Medien, Untersuchungen und Geodaten leicht mit bestimmten Orten verknüpfen können.

3.6 Verwaltung von Schlagwörtern

Dieser Abschnitt erläutert, wie Schlagwörter innerhalb des Systems verwaltet und mit anderen Ressourcen verknüpft werden.

3.6.1 Tabelle Keywords

In der Tabelle Keywords werden relevante Schlüsselwörter gespeichert, die verschiedene Ressourcen beschreiben.

3.6.2 Tabellen [Keyword_Document_Link](#), [Keyword_VectorData_Link](#), [Keyword_RasterData_Link](#), and [Keyword_Investigation_Link](#)

Diese Verknüpfungstabellen erfassen die Beziehungen zwischen Schlüsselwörtern und Ressourcen. Dieses Tagging-System ermöglicht eine verbesserte Suchbarkeit und Organisation von Ressourcen auf der Grundlage thematischer Konzepte. Diese stichwortbasierte Verknüpfung fördert eine bessere Auffindung und Verwaltung von Ressourcen, da mehrere Stichwörter mit jeder Ressource verknüpft werden können.

3.7 Unterstützende Such- und Recherchefunktion

Der importance score *Imp* spielt eine entscheidende Rolle bei der Bewertung der Relevanz und Bedeutung verschiedener Datenbankeinträge, wie Dokumente, Geodaten, Untersuchungen und Schlüsselwörter. Dieser Wert wird dynamisch berechnet, indem mehrere gewichtete Faktoren kombiniert werden, um sicherzustellen, dass sowohl die Benutzerinteraktionen als auch die Datenqualität berücksichtigt werden. Durch die Auswertung von Metriken wie Schlagwortpopularität, Ressourcennutzung, Ressourcenintegrität, Suchtrends und Überprüfungsstatus hebt die Wichtigkeitsbewertung die relevantesten und am aktivsten gepflegten Ressourcen hervor und hilft Benutzern und Administratoren bei der effektiven Priorisierung von Inhalten. Der importance score wird für jede Ressource regelmäßig neu berechnet, und jede Berechnung wird in der Tabelle ImportanceFactors mit einem Zeitstempel versehen. Dies gewährleistet Nachvollziehbarkeit und Konsistenz, sodass Administratoren verfolgen können, wie sich die Relevanz einer Ressource im Laufe der Zeit ändert. Dieser Zeitstempel unterstützt auch systemweite Auswertungen, wodurch es einfacher wird, die Neuberechnung des importance scores zu

synchronisieren und eine einheitliche Referenz für die Datenpriorisierung auf der gesamten Plattform zu erhalten.

Die Berechnung des importance score folgt einem normalisierten Ansatz, d. h. die den verschiedenen Komponenten zugewiesenen Gewichte summieren sich zu 1, wodurch die Verhältnismäßigkeit gewährleistet ist und künftige Anpassungen auf der Grundlage sich entwickelnder Datenbankmetriken möglich sind:

$$Imp = w_k KP + w_r RU + w_s ST + w_{rev} RS, \quad (4.1)$$

wobei es sich bei w_k , w_r , w_s und w_{rev} um Gewichte handelt, die den relativen Einfluss der verschiedenen Faktoren bei der Berechnung des importance scores darstellen. Die Summe der Gewichtungen ergibt stets 1, wobei die Anfangsgewichte jeweils 0,25 betragen und im Laufe der Zeit basierend auf beobachteten Datenbankmetriken und des Nutzerverhaltens angepasst werden, wodurch eine kontinuierliche Verbesserung des Relevanzbewertungsmodells erreicht wird.

In **Formel 4.1** sind Schlüsselwortpopularität (KP), Ressourcennutzung (RU), Suchtrend (ST) und Bewertungsstatus (RS) Faktoren, die auf der Grundlage von Datenbankmetriken berechnet werden, die direkt mit der entsprechenden Ressource verbunden sind. Diese Faktoren sind die Schlüsselparameter, die die Gesamtbewertung der Wichtigkeit beeinflussen und aus den durch Datenbankanalysen gewonnenen Metriken abgeleitet werden. Jeder Faktor steht für einen bestimmten Aspekt der Benutzerinteraktion oder der Datenqualität und gewährleistet eine umfassende Bewertung der Ressourcenrelevanz.

3.7.1 Keyword Popularity Score

Der Keyword Popularity Score spiegelt die Relevanz eines Schlagwortes i wider. Er wird als Median der durchschnittlichen Nutzung ($usage_count$) und der Anzahl der Suchanfragen ($search_count$) für alle mit der Ressource verknüpften Keywords berechnet:

$$KP = med(usage_count_i + search_count_i) \quad (4.2)$$

Schlüsselwörter, die häufig in der Datenbank verwendet oder von Nutzern gesucht werden, tragen stärker zur Schlüsselwortpopularität der Ressource bei. Dieser Wert stellt sicher, dass Ressourcen, die mit hochrelevanten oder beliebten Begriffen verknüpft sind, vorrangig behandelt werden, wodurch der Einfluss von Ausreißern, die die Ergebnisse verzerren könnten, verringert wird.

3.7.2 Resource Usage Score

Der Resource Usage Score gibt an, wie aktiv eine Ressource j von den Benutzern genutzt wurde. Er wird als Durchschnitt der Anzahl der Aufrufe, Downloads und Aktualisierungen für eine Ressource berechnet:

$$RU = \frac{1}{3}(\text{view_count}_j + \text{download_count}_j + \text{update_count}_j) \quad (4.3)$$

Ressourcen, die häufig angesehen, heruntergeladen oder aktualisiert werden, erhalten eine höhere Punktzahl. Diese Kennzahl gibt Aufschluss über die Gesamtnachfrage und das Engagement für die Ressource im System.

3.7.3 Search Trend Score

Der Search Trend Score misst sowohl die Häufigkeit als auch die Aktualität von Suchvorgängen im Zusammenhang mit einer Ressource i . Er wird berechnet, indem die Anzahl der Suchanfragen nach Begriffen mit einem exponentiellen Verfallsfaktor multipliziert wird, der auf der Zeit seit der letzten Suche basiert:

$$ST = \text{med}[\text{search_count}_i \exp(-\lambda t_i)], \quad (4.4)$$

Wobei t_i der Anzahl der Tage seit der letzten Suche nach der Ressource i entspricht und λ der Verfallsfaktor ist.

Durch diese Art der Berechnung wird sichergestellt, dass Begriffe, nach denen häufiger und in letzter Zeit gesucht wurde, einen größeren Einfluss auf den Search Trend Score haben, wodurch die Ressource für aktuelle Interessen relevanter wird.

3.7.4 Review Status Score

Die Review Status Score passt die Bedeutung einer Ressource danach an, ob sie geprüft oder ungeprüft ist. Überprüfte Ressourcen gelten als zuverlässiger und erhalten einen Multiplikator von 3, während nicht überprüfte Ressourcen einen niedrigeren Multiplikator von 0,75 erhalten:

$$RS = \begin{cases} 3,00 & \text{wenn geprüft} \\ 0,75 & \text{wenn ungeprüft} \end{cases} \quad (4.5)$$

Auf diese Weise wird sichergestellt, dass Ressourcen, die einen Überprüfungsprozess durchlaufen haben, eine höhere Priorität erhalten als Ressourcen, die noch nicht überprüft wurden.

4 Theoretische und praktische Grundlagen und Überlegungen hinsichtlich (geophysikalischer) Untersuchungen von Grabstellen

Die Durchführung geophysikalischer Untersuchungen erfordert sowohl ein Verständnis der zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien als auch die Anwendung geeigneter Messmethoden im Feld. Für das Projekt GEOHAB haben wir uns für elektrische und elektromagnetische Methoden entschieden, da sie die bestmögliche Auflösung für die Untersuchung der unterirdischen Struktur und Zusammensetzung in den obersten drei Metern bieten. Beide Verfahren reagieren empfindlich auf die elektrische Leitfähigkeit des Bodens, wodurch direkte Rückschlüsse auf dessen Zusammensetzung möglich sind. Dies kann insbesondere zur Identifizierung anthropogener Strukturen beitragen. Zudem zeichnen sich diese Methoden durch ihre Flexibilität aus, sodass die Messkonfiguration gezielt angepasst werden kann, um in ausgewählten Bereichen Daten mit höherer räumlicher Auflösung zu erfassen.

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen der eingesetzten Verfahren erläutert und die wesentlichen praktischen Schritte beschrieben, die zur Datenerhebung und -verarbeitung notwendig sind. Ziel ist es, die methodischen Ansätze verständlich darzustellen und den Zusammenhang zwischen Theorie, Messtechnik und Interpretation der gewonnenen Daten aufzuzeigen.

4.1 Unterschiede in der (geophysikalischen) Detektion von Massengräbern und anderen archäologischen Strukturen

Die geophysikalische Detektion von Massengräbern unterscheidet sich in wesentlichen Aspekten von der Prospektion archäologischer Strukturen wie Bauwerksresten oder Fundamentspuren. Diese Unterschiede betreffen sowohl die physikalischen Eigenschaften der Zielstrukturen als auch die Anforderungen an die Untersuchungsmethoden und die Datenerhebung.

4.1.1 Physikalische und geometrische Unterschiede

Archäologische Bauwerksreste weisen häufig deutliche physikalische Kontraste zum umgebenden Boden auf. Materialien wie Ziegel oder Stein besitzen charakteristische Unterschiede in Dichte oder Leitfähigkeit, die mit geophysikalischen Methoden gut nachweisbar sind. Massengräber hingegen bestehen aus gestörtem Bodenmaterial und menschlichen Überresten, deren physikalische Eigenschaften gegenüber dem natürlichen Boden nur geringe Anomalien erzeugen. Die schwachen Signale, die daraus resultieren, erfordern eine sorgfältige Analyse und spezielle Detektionstechniken.

Ein weiterer Faktor ist die Dimension der zu untersuchenden Objekte. Gräber weisen oft nur eine geringe Größe auf, was eine Untersuchung mit hoher räumlicher Auflösung nötig macht. Die Dimensionen reichen dabei häufig von wenigen Dezimetern bis zu einigen Metern. Dies

erfordert Messanordnungen mit kleinen Abständen, um subtile Anomalien präzise zu erfassen. Diese Notwendigkeit erhöht den zeitlichen und finanziellen Aufwand erheblich, was eine präzise Abwägung zwischen Auflösung und Ressourceneinsatz erforderlich macht. Die Wahl der räumlichen Auflösung und der zu verwendenden Methodenkombination muss dabei in enger Abhängigkeit von den erwarteten Zielobjekten und den Bodeneigenschaften erfolgen.

4.1.2 Vegetationsanomalien und kleinräumige Grabstellen

Kleinräumige Grabstellen können durch Veränderungen im Bodenaufbau, den Feuchtigkeitshaushalt und die Nährstoffverteilung das Pflanzenwachstum beeinflussen. Diese Effekte zeigen sich als Vegetationsanomalien, die unter geeigneten Bedingungen sichtbar werden, oft jedoch subtiler und weniger konsistent sind als die Anomalien, die durch größere archäologische Strukturen wie Fundamente oder Mauerreste verursacht werden. Während letztere aufgrund ihrer Wärmespeicherkapazität und ihrer direkten physikalischen Eigenschaften häufig deutliche, langanhaltende Bewuchsänderungen hervorrufen, erzeugen Gräber meist nur temporäre oder geringfügige Unterschiede.

Vegetationsmuster, die durch Gräber beeinflusst werden, sind stark abhängig von den lokalen Bodenverhältnissen. In tonreichen Böden, die zur Staunässe neigen, kann sich ein Grabbereich durch schwächeren Pflanzenwuchs auszeichnen, während sandigere Böden diese Unterschiede weniger stark zur Geltung bringen. Diese Variabilität macht eine bloße Beobachtung von Vegetationsmustern, beispielsweise durch Drohnenbefliegungen oder Satellitenbilder, für die präzise Identifikation von Grabstellen unzuverlässig. Eine alleinige Analyse visueller Unterschiede reicht meist nicht aus; es bedarf zusätzlicher bodenphysikalischer Untersuchungen und geophysikalischer Messungen, um die Vegetationsanomalien eindeutig zu interpretieren. Insgesamt ist die Verwendung von Vegetationsmustern als Indikator für Gräber hilfreich, jedoch keineswegs ausreichend, um eine zuverlässige Detektion zu gewährleisten. Die Integration unterschiedlicher Methoden und Datensätze ist notwendig, um die vielfältigen und oft subtilen Signaturen von Grabstellen erfolgreich zu identifizieren.

4.2 Im Projekt GEOHAB eingesetzte Methoden zur zerstörungsfreien Charakterisierung der Eigenschaften im Untergrund

In der archäologischen Prospektion werden traditionell geophysikalische Methoden wie Georadar (Ground-Penetrating Radar, GPR) und Magnetik eingesetzt, da diese Verfahren hochauflösende Daten liefern und besonders effektiv bei der Detektion von Strukturen wie Mauern, Gräbern oder Gräben sind. Diese Methoden stoßen jedoch an ihre Grenzen, wenn es um heterogene oder feuchte Böden geht, da GPR stark durch elektrische Leitfähigkeit und Feuchtigkeitsgehalt des Bodens gedämpft wird, während Magnetik primär auf die Detektion von Objekten mit magnetischen Eigenschaften beschränkt ist. Massengräber enthalten in der Regel keine signifikanten magnetischen Materialien, wodurch die Methode für diese

Anwendung eingeschränkt ist. Zudem führen magnetische Messungen zu weiteren Unsicherheiten in der Interpretation, da ein kleines metallisches Objekt in geringer Tiefe das gleiche Signal erzeugen kann wie ein größeres metallisches Objekt in größerer Tiefe. Um stattdessen ein umfassenderes Bild des Untergrunds zu erhalten, setzen wir auf eine Kombination aus elektromagnetischer Induktion (EMI) und Induzierter Polarisation (IP). EMI ermöglicht es, volumetrische Leitfähigkeitsverteilungen effizient und kontaktlos zu kartieren, was eine gute Grundlage für die Identifikation von Bodenanomalien bietet, während IP zusätzliche Informationen über die elektrochemischen Eigenschaften des Untergrunds liefert, die auf organische oder feuchte Materialien hinweisen können. Diese Kombination erweitert die Interpretationsmöglichkeiten erheblich und ist besonders geeignet für komplexe Bodensituationen, in denen traditionelle Methoden nicht ausreichen.

4.2.1 Induzierte Polarisation (IP)

Die Induzierten Polarisation (IP) ist eine geophysikalische Methode, die auf der Messung der elektrischen Eigenschaften des Untergrunds basiert, nämlich der elektrischen Leitfähigkeit und den kapazitiven Eigenschaften, die häufig vereinfacht als Polarisation bezeichnet werden. Sie stellt eine Erweiterung der Widerstandstomographie (Electrical Resistivity Tomography, ERT) dar, die die räumliche Verteilung des spezifischen Widerstands (ρ) oder der Leitfähigkeit ($\sigma = 1/\rho$) im Untergrund bestimmt. Dabei wird ein elektrischer Strom durch ein Elektrodenpaar in den Boden injiziert, und die resultierenden Spannungspotenziale werden mit einem zweiten Elektrodenpaar gemessen (siehe **Abbildung 10**). Die IP-Methode erweitert diese Messung, indem sie nicht nur den Widerstand misst, sondern auch zeitabhängige Effekte betrachtet, die auftreten, nachdem die Stromeinspeisung beendet ist. Im Untergrund entstehen durch elektrochemische Prozesse an der Grenzfläche zwischen Gestein und Wasser, wie der Ansammlung von Ionen oder Ladungsträgern, sogenannte Polarisationseffekte. Diese führen dazu, dass nach Abschalten des Stroms eine Verzögerung bei der Entladung der gespeicherten Ladung auftritt. Die IP-Methode analysiert hierbei die Phase zwischen eingespeistem Strom und gemessener Spannung, um Polarisationseffekte im Untergrund zu quantifizieren. Dieser IP-Effekt nimmt mit zunehmendem Gehalt an feinkörnigen Partikeln (Ton und organische Materialien) zu. Allerdings ist zu beachten, dass in Bereichen mit einer hohen Akkumulation solcher Feinmaterialien die Reaktion von der elektrischen Leitfähigkeit dominiert wird, während die Polarisation vernachlässigbar bleibt. IP-Untersuchungen kombinieren daher die Betrachtung von elektrischer Leitfähigkeit und Polarisationseffekten wodurch eine differenziertere Charakterisierung des Untergrunds ermöglicht und die Anwendung der IP-Methode daher speziell im Bereich der Mineralexploration, Hydrogeologie und Umweltgeophysik geeignet macht.

Im Zeitbereich (Time-Domain-IP; TDIP) wird die zeitliche Abklingkurve der Spannung nach dem Abschalten des Stroms gemessen, während im Frequenzbereich (Frequency-Domain-IP, FDIP) die elektrische Impedanz in Abhängigkeit von der Frequenz des angelegten Wechselstroms (ω) untersucht und als komplexe elektrische Leitfähigkeit (σ^*) dargestellt wird:

$$\sigma^*(\omega) = \sigma'(\omega) + i\sigma''(\omega) \quad (3.2)$$

In Formel 3.2 ist i die Imaginäre Einheit, der Realteil σ' bezieht sich auf die konduktiven Eigenschaften, und der Imaginärteil σ'' beschreibt die Polarisierungseffekte.

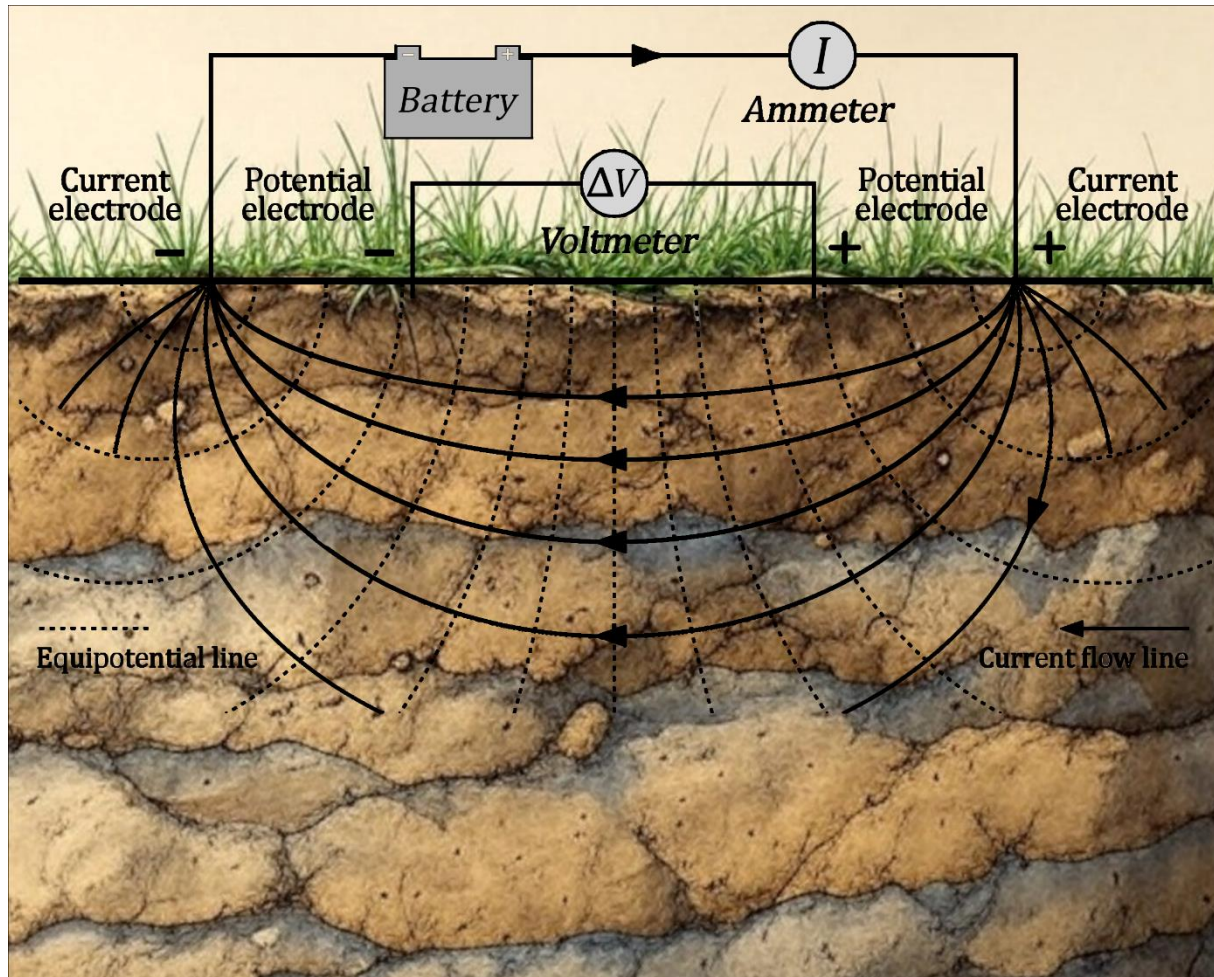


Abbildung 10. Messvorgangs bei der Methode der Induzierten Polarisation (IP) basierend auf einer Vier-Elektrodenanordnung. Darstellung des Messprinzips übernommen von Binley und Slater (2021), Hintergrund erstellt mit GROK.

4.2.2 Elektromagnetische Induktion (EMI)

Die elektromagnetische Induktion (EMI) bei niedriger Induktionszahl (low-induction number, LIN) ist eine geophysikalische Methode, die verwendet wird, um die elektrische Leitfähigkeit des Untergrunds zu kartieren. Dabei werden elektromagnetische Felder generiert und deren Interaktion mit dem Untergrund gemessen. Im Gegensatz zu galvanischen Methoden wie der Widerstandstomographie, bei der Strom direkt in den Boden injiziert wird, basiert EMI auf induktiven Kopplungen und ist daher kontaktlos. Dies macht die Methode besonders effizient für großflächige Untersuchungen, auch auf schwierigem Terrain. Hierbei ist zu beachten, dass die mit der ERT und EMI gemessene elektrische Leitfähigkeit aufgrund der unterschiedlichen Messprinzipien und Messanordnungen variieren kann. Dennoch sollten die räumlichen

Variationen in den Daten (d.h. in den 2D- und 3D-Modellen sowie Karten) konsistent sein und übereinstimmende Strukturen abbilden.

Grundlage der Methode ist das physikalische Gesetz der elektromagnetischen Induktion. Wie in **Abbildung 11** dargestellt erzeugt ein stromdurchflossener Sender (Tx) ein zeitlich veränderliches Primärfeld, das im Untergrund Wirbelströme induziert. Diese Wirbelströme erzeugen wiederum ein Sekundärfeld, das von einem Empfänger (Rx) registriert wird. Die Stärke und Phase des Sekundärfelds im Vergleich zum Primärfeld geben Aufschluss über die elektrische Leitfähigkeit des Untergrunds.

Im LIN-Regime wird die Annahme getroffen, dass das Sekundärfeld deutlich schwächer ist als das Primärfeld (typischerweise weniger als 1 % der Amplitude des Primärfeldes) und damit eine direkte lineare Beziehung zwischen den gemessenen Feldern und der scheinbaren Leitfähigkeit σ_a besteht. Die scheinbare Leitfähigkeit kann aus dem Verhältnis der gemessenen Sekundärfeldkomponente H_s zur Primärfeldkomponente H_p berechnet werden:

$$\sigma_a \propto \frac{H_s}{H_p} \quad (3.1)$$

Die proportionalen Faktoren hängen von der Geometrie des Systems (z. B. Spulenabstand und Orientierung) sowie von der Betriebsfrequenz ab.

Ein entscheidender Vorteil von EMI im LIN-Regime ist, dass die gemessene scheinbare Leitfähigkeit oft eine gute Näherung der wahren volumetrischen Leitfähigkeit des Untergrunds darstellt. In Kombination mit der hohen Messgeschwindigkeit und der Fähigkeit, großflächige Untersuchungen durchzuführen findet die Methode Anwendung im Umweltmonitoring, der Hydrologie und der Archäologie.

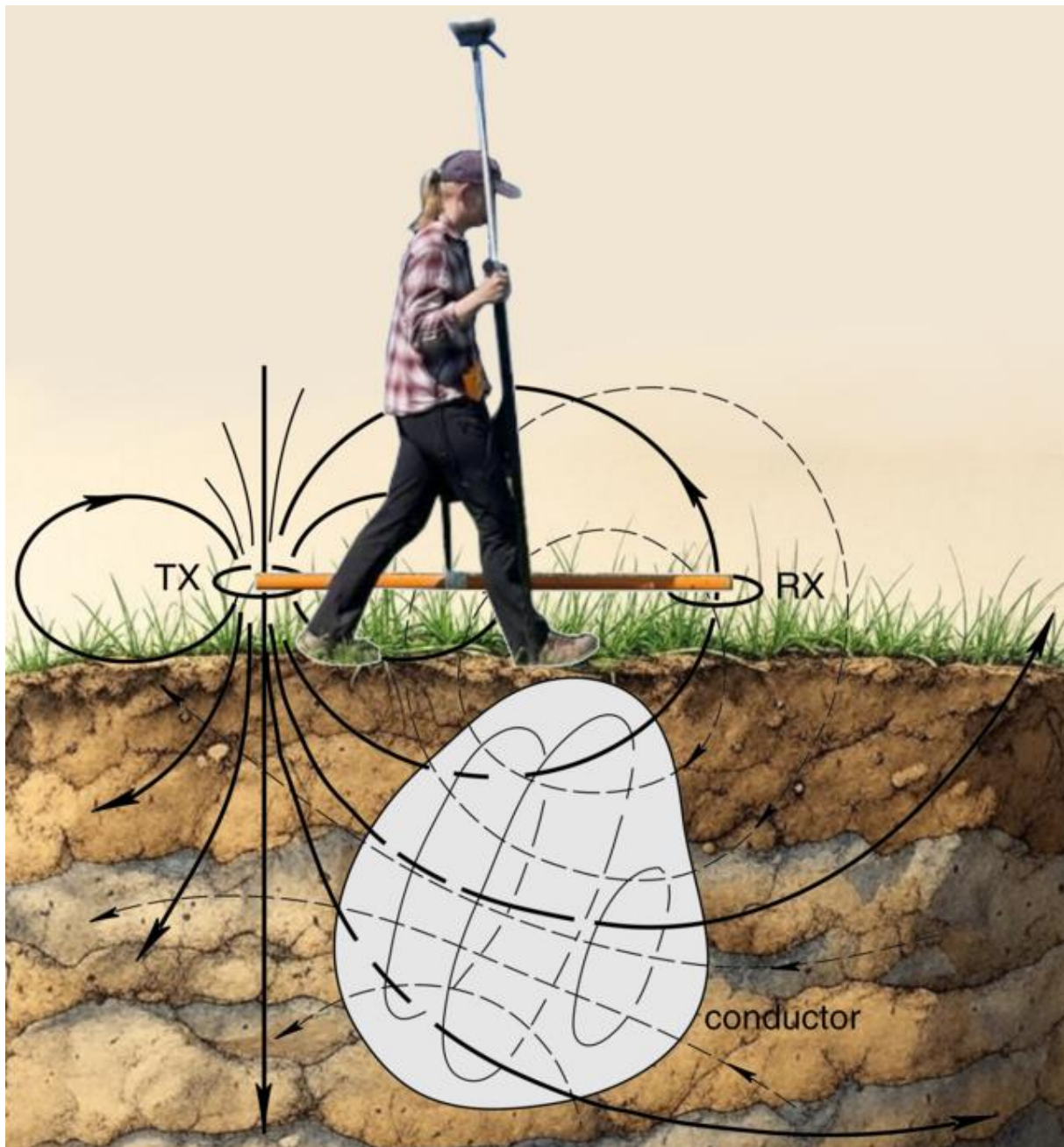


Abbildung 11. Messvorgangs bei der Methode der elektromagnetischen Induktion (EMI) unter Verwendung einer Senderspule (TX) und Empfängerspule (RX). Darstellung des Messprinzips übernommen von Everett (2013), Hintergrund erstellt mit GROK.

4.3 Eingesetzte Messgeräte

Für die geophysikalischen Untersuchungen wurden verschiedene Messgeräte genutzt, um die physikalischen Eigenschaften des Untergrunds zu bestimmen. Dabei kamen Methoden der elektrischen Widerstandstomographie, der induzierten Polarisation sowie der elektromagnetischen Leitfähigkeitsmessung zum Einsatz. Diese Verfahren erlauben sowohl die Abbildung von oberflächennahen als auch tiefer liegenden Strukturen. Die Auswahl der Geräte erfolgte mit Blick auf die Anforderungen der Untersuchung hinsichtlich Messtiefe, Datenqualität und Geländebedingungen. Im Folgenden werden die eingesetzten Messgeräte und ihre Funktionsweise näher beschrieben.

4.3.1 Iris Instruments Syscal Pro

Das Syscal Pro von Iris Instruments ist ein robustes geophysikalisches Messsystem, das für elektrische Widerstandsmessungen (ERT) und induzierte Polarisation (IP) entwickelt wurde. Es arbeitet mit präziser Signalverarbeitung, bei der Gleichstrom oder niederfrequenter Wechselstrom in den Untergrund eingespeist wird. Der resultierende Spannungsabfall wird gemessen, um die spezifischen elektrischen Eigenschaften des Bodens zu bestimmen. Die Messgenauigkeit wird durch hochauflösende 24-Bit-Analog-Digital-Wandler und Filter gewährleistet, die externe Störungen, wie elektromagnetische Interferenzen, effektiv reduzieren.

Insgesamt können mit dem Gerät 72 Elektroden (Metallspieße) für 2D und 3D-Untersuchungen verbunden werden. Mit Strominjektionen von bis zu 2.5 A bei Spannungen bis 800 V und gleichzeitig 10 Spannungsmessungen mit einer Auflösung im Mikrovolt-Bereich können auch in Umgebungen charakterisiert durch Materialien mit hohem spezifischem elektrischem Widerstand geophysikalische Strukturen in großer Tiefe detektiert werden. Für die Erfassung der Induzierten Polarisation misst das Gerät entweder die zeitliche Abklingkurve der Spannung nach Stromabschaltung (TDIP), um die kapazitiven Eigenschaften des Untergrunds zu charakterisieren. Durch die interne Signalverstärkung und die Mittelung von Messreihen wird eine präzise Erfassung selbst schwacher Signale gewährleistet.

Die flexible Konfiguration des Messsystems erlaubt die Anpassung an unterschiedliche Anforderungen, indem individuelle Elektrodenanordnungen eingesetzt werden können. Dies ermöglicht sowohl eine detaillierte laterale Abbildung als auch die Untersuchung tiefer liegender Schichten. Die technische Konstruktion des Geräts ist darauf ausgelegt, unter anspruchsvollen Bedingungen zuverlässige Messungen durchzuführen, was es ideal für geophysikalische Anwendungen in Bereichen wie Hydrogeologie, Archäologie und Umweltuntersuchungen macht (siehe **Abbildung 12**).



Abbildung 12. Das Syscal Pro Messsystem von Iris Instruments bei Messungen in der Nähe des Kreuzstadls in Rechnitz.

4.3.2 GF Instruments CMD-Explorer

Der CMD-Explorer ist ein elektromagnetisches Leitfähigkeitsmessgerät, das speziell für geophysikalische Untersuchungen in mittleren Tiefenbereichen entwickelt wurde. Es verwendet eine kontaktlose Messmethode zur Bestimmung der Bodenleitfähigkeit in verschiedenen Tiefen, wobei die Messung auf dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion basiert. Das Gerät ist mit einer Sonde ausgestattet, die drei Tiefenbereiche abdeckt: 2,2 / 1,1 m, 4,2 / 2,1 m und 6,7 / 3,3 m. Diese Tiefenbereiche ermöglichen die Untersuchung von Leitfähigkeitsstrukturen bis in mittlere bis tiefere Bodenschichten.

Das Messsystem besteht aus einer Sendeeinheit, die elektromagnetische Felder erzeugt, und mehreren Empfängern (in diesem Fall drei Empfänger), die die Veränderung des elektromagnetischen Feldes detektieren. Durch die Messung der Reaktion des Bodens auf diese Felder lässt sich die Leitfähigkeit des Untergrunds in den angegebenen Tiefen bestimmen. Die hohe Abtastrate von bis zu 10 Hz ermöglicht eine schnelle Erfassung der Messwerte, was für dynamische Feldbedingungen und kontinuierliche Messungen von Vorteil ist.

Die Sonde ist für die schnelle Messung von Leitfähigkeitswerten geeignet und ermöglicht es, sowohl vertikale als auch horizontale Leitfähigkeitsänderungen im Untergrund zu erfassen, und ist daher für großflächige umweltgeophysikalische Fragestellungen und archäologische Untersuchungen geeignet.



Abbildung 13. Der CMD-Explorer von GF Instruments mit gekoppeltem GNSS-Empfänger für die Echtzeitspeicherung von Mess- und Positionierungsdaten.

5 Geophysikalische Untersuchungen im Bereich des Rechnitzer Kreuzstadls

Im Bereich des Rechnitzer Kreuzstadls wurden ausgehend von der vorab definierten Vorgehensweise geophysikalische Untersuchungen in mehreren Kampagnen durchgeführt. Diese umfassten (1) eine flächenhafte, großräumige Kartierung, um einen Überblick über die allgemeinen geologischen und anthropogenen Strukturen im Untersuchungsgebiet zu erhalten, und (2) detaillierte, hochauflösende Untersuchungen in spezifischen Verdachtsbereichen. Ziel war es, durch den kombinierten Einsatz verschiedener geophysikalischer Messmethoden wie Elektromagnetik (EMI) und Induzierte Polarisation (IP) ein umfassendes Bild der elektrischen und elektromagnetischen Eigenschaften des Untergrundes zu gewinnen. Die Ergebnisse dienen der Validierung vorhandener Daten und der Identifikation möglicher menschengemachter Strukturen. Ziel der Untersuchungen war die detaillierte Erfassung der elektrischen und elektromagnetischen Eigenschaften des Untergrundes, um die dort vorhandenen Strukturen besser zu charakterisieren. Von besonderem Interesse war die Frage, ob sich in diesem Bereich relevante menschengemachte Strukturen detektieren lassen oder ob die geophysikalischen Signale vorwiegend auf natürliche geologische Formationen zurückzuführen sind. Bereits vor Beginn der Messkampagne waren aus bestehenden Magnetikkartierungen und historischen Luftaufnahmen Hinweise auf bestimmte Strukturen im Untersuchungsgebiet bekannt. Diese vorliegenden Daten lieferten erste Indikationen über mögliche menschengemachte Eingriffe oder geologische Besonderheiten im südlichen Bereich des Grundstücks. Ein zentraler Aspekt der aktuellen Untersuchung bestand darin, die Ergebnisse der durchgeführten EMI- und IP-Messungen mit diesen bereits existierenden Daten zu vergleichen. Ziel war es, potenzielle Übereinstimmungen zwischen den neu gewonnenen geophysikalischen Daten und den zuvor identifizierten Strukturen zu überprüfen.

5.1 Großskalige Charakterisierung von Eigenschaften und Strukturen im Untergrund

Im Zeitraum vom 05.08. bis 09.08.2024 wurden umfangreiche geophysikalische Messungen im südlichen Bereich des Kreuzstadl-Grundstücks entlang von insgesamt 24 Profilen durchgeführt (**Abbildung 14**):

- 15 Profile in Süd-Nord-Richtung mit einem Elektrodenabstand von 1.0 m,
- 3 Profile in West-Ost-Richtung mit einem Elektrodenabstand von 1.7 m,
- 5 Profile in West-Ost -Richtung mit einem Elektrodenabstand von 1.5 m,
- 1 Profil in West-Ost -Richtung mit einem Elektrodenabstand von 1.0 m.

Die Variation der Elektrodenabstände war der Form des Grundstücks geschuldet, da die Profile so konzipiert wurden, dass mit den verfügbaren 72 Elektroden möglichst lange Messstrecken in West-Ost-Richtung realisiert werden konnten. Die Messkampagne umfasste sowohl elektromagnetische Induktionsmessungen (EMI) als auch Untersuchungen der induzierten Polarisation (IP).

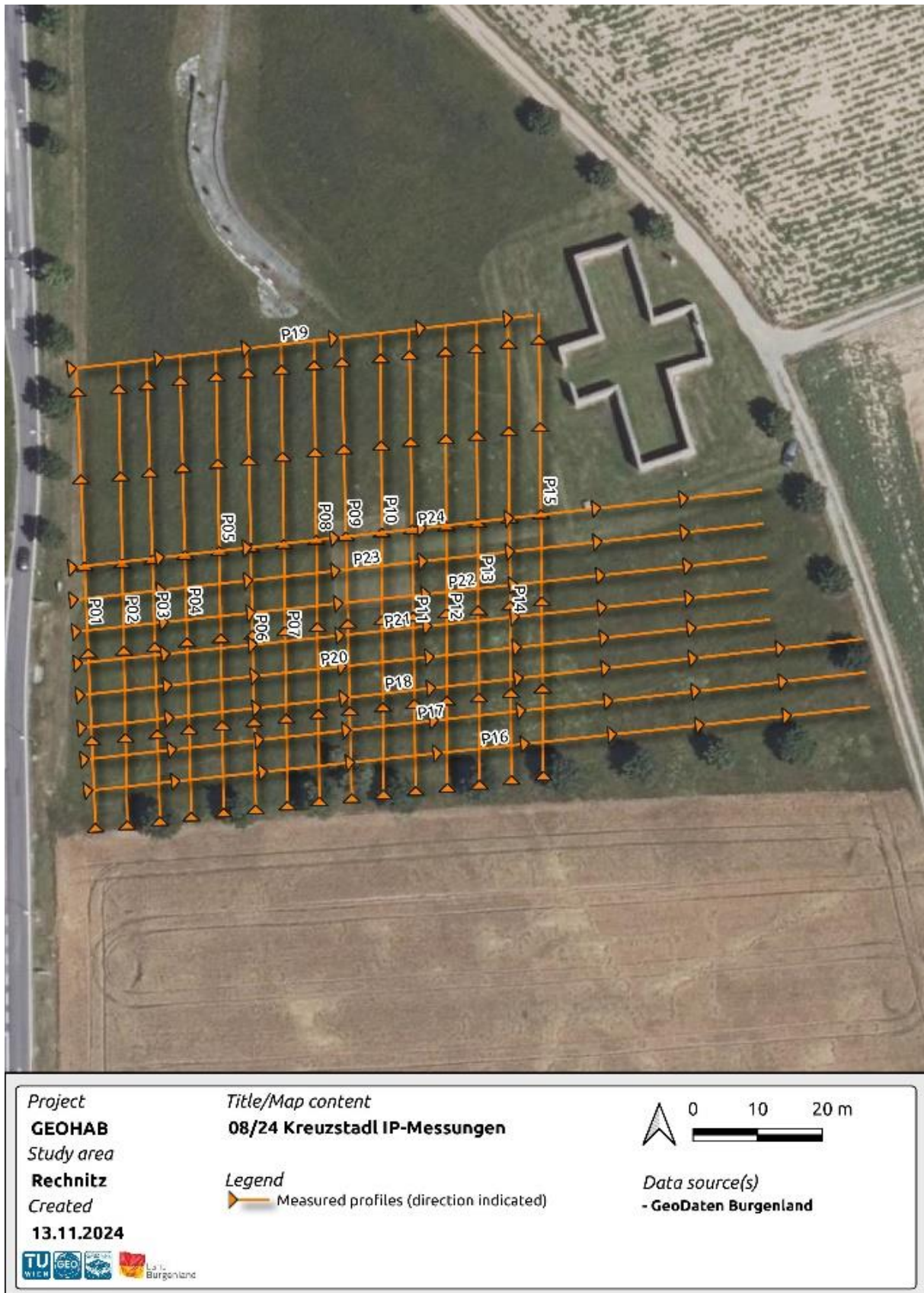


Abbildung 14. Übersichtskartierung der westlich und südlich des Kreuzstadls gelegenen Flächen. Die Charakterisierung erfolgte mittels EMI- und IP-Messungen, die entlang von Profilen durchgeführt wurden.

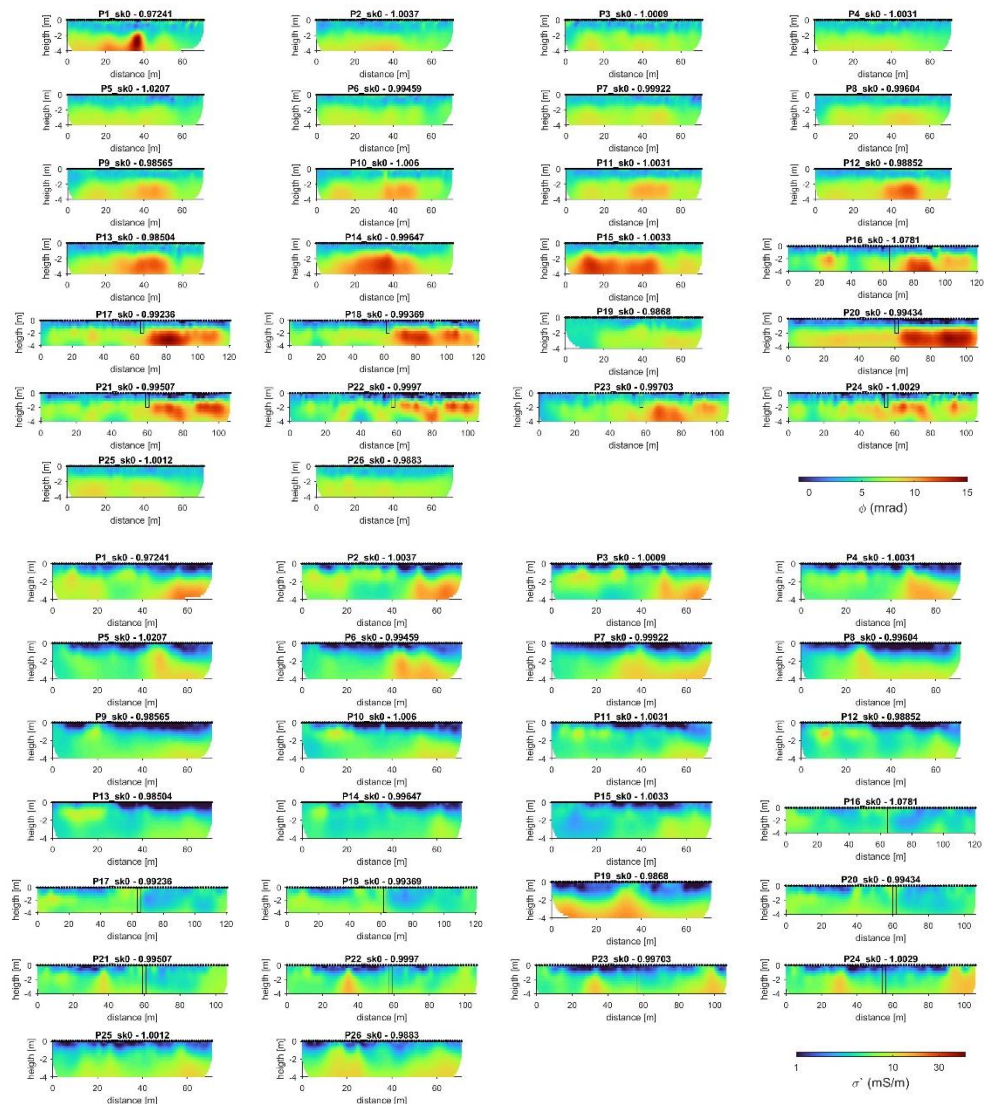


Abbildung 15. Untergrundmodelle der elektrischen Leitfähigkeit und der Phasenverschiebung entlang der Profile P1 bis P15 erhalten durch separate Inversion der IP-Daten (skip-0) mit CRTomo. Schwarze Punkte an der Oberfläche stellen die Elektrodenpositionen dar.

Die IP-Daten wurden mit zwei unterschiedlichen Inversionsansätzen ausgewertet. Dieser methodische Vergleich ist von zentraler Bedeutung, da die beiden Algorithmen auf unterschiedlichen mathematischen Konzepten und Lösungsstrategien basieren, was zu variierenden Ergebnissen bei der Rekonstruktion der elektrischen Eigenschaften des Untergrundes führen kann. CRTomo¹ ist eine etablierte Software, die speziell für elektrische Widerstands- und IP-Tomographie entwickelt wurde und sich durch ihre robuste Implementierung für standardisierte Inversionsprobleme auszeichnet. pyGIMLi² hingegen bietet als modulare Open-Source-Plattform größere Flexibilität bei der Modellierung und erlaubt es, benutzerdefinierte Parameter und innovative Inversionsstrategien zu integrieren.

¹ Kemna, A. (2000). Tomographic inversion of complex resistivity: Theory and application. Doctoral dissertation, Bochum University.

² Rücker, C., Günther, T., & Wagner, F. M. (2017). pyGIMLi: An open-source library for modeling and inversion in geophysics. Computers & Geosciences, 109, 106–123. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2017.07.011>

Durch den Vergleich der Ergebnisse können Unterschiede in der Auflösung, Stabilität und Sensitivität der inversen Modelle analysiert werden. Dies ist besonders relevant, um die Zuverlässigkeit der geophysikalischen Interpretation zu erhöhen und mögliche algorithmenspezifische Anomalien zu identifizieren. Darüber hinaus ermöglicht der Einsatz von zwei Algorithmen die Validierung der Ergebnisse: Konvergieren die Inversionen auf ähnliche Modelle, d.h. zeigen die resultierenden Untergrundmodelle ähnliche Strukturen und Eigenschaften, erhöht dies das Vertrauen in die Ergebnisse und die geophysikalische Interpretation. Weichen sie hingegen voneinander ab, können Rückschlüsse auf die Limitierungen der jeweiligen Ansätze gezogen werden. Diese Analyse liefert nicht nur wichtige Erkenntnisse zur Optimierung zukünftiger Inversionsstrategien, sondern trägt auch dazu bei, die geophysikalische Methodik insgesamt weiterzuentwickeln.

5.1.1 Analyse und Interpretation der 2D-Inversionsergebnisse

Im Allgemeinen zeigen die Untergrundmodelle, die durch die Inversion der IP-Daten mit CRTomo (**Abbildung 15**) und pyGIMLi (**Abbildung 16** bzw. **Abbildung 17**) erhalten wurden, ähnliche Strukturen im Untergrund. Der Wertebereich für die elektrische Leitfähigkeit sowie für die Phasenverschiebung ist bei beiden Methoden identisch, was eine konsistente Basis für die geophysikalische Interpretation bietet. Allerdings weisen die Ergebnisse bestimmte Unterschiede in der Auflösung der verschiedenen Tiefenbereiche auf: Während CRTomo die oberflächennahen Bereiche bis etwa zwei Meter Tiefe detaillierter auflöst, liefert pyGIMLi in größeren Tiefen von mehr als zwei Metern eine feinere Auflösung. Dies äußert sich unter anderem in der Identifikation einer zusätzlichen Schicht zwischen zwei und drei Metern Tiefe, die in den CRTomo-Inversionsergebnissen nicht erkennbar ist, jedoch durch die Inversion der IP-Daten mit pyGIMLi aufgelöst werden kann. Unabhängig von diesen geringfügigen Abweichungen, die auch auf eine leicht abweichende Parametrisierung der Inversionen mit CRTomo und pyGIMLi zurückzuführen sind, identifizieren die 2D-Inversionsergebnisse beider Algorithmen im Bereich des Kreuzstadls eine Schotterschicht in Oberflächennähe. Diese Schicht hat eine Mächtigkeit von etwa einem Meter und eine elektrische Leitfähigkeit von weniger als 5 mS/m. Diese Interpretation wird durch unsere Beobachtungen im Feldeinsatz gestützt, bei dem wir beim Einbringen der Elektroden auf Schotter stießen. Leider steht uns keine detaillierte geologische Kartierung des Areals zur Verfügung, und auch der Zugriff auf geologische Untersuchungen angrenzender Flächen wurde uns bislang nicht gewährt. Daher können diese Beobachtung bzw. die darauf aufbauende Interpretation in dieser Phase des Projektes noch nicht unabhängig validiert werden. Ein weiteres bemerkenswertes Ergebnis der 2D-Inversion betrifft eine nahezu vertikal stehende Anomalie, die sowohl in den Süd-Nord- als auch in den West-Ost-verlaufenden Profilen identifiziert wurde und eine deutlich erhöhte elektrische Leitfähigkeit von über 30 mS/m aufweist. Eine Analyse der Positionen der Anomalie entlang der verschiedenen Profile zeigt eine weitgehende Übereinstimmung mit Vegetationsänderungen die auf historischen Luftaufnahmen aus den Jahren 1959 und 1979 sichtbar sind. In aktuellen Orthophotos ist die Variation des Pflanzenbewuchses nicht zu erkennen, was auf die laufende landschaftliche Pflege des Areals zurückzuführen ist. Dadurch

könnten diese Vegetationsunterschiede möglicherweise maskiert werden. Nichtsdestotrotz legen die vorhandenen Hinweise nahe, dass es sich bei der identifizierten Anomalie um ein natürliches Phänomen handelt, das in keinem Zusammenhang mit dem Massaker von Rechnitz steht.

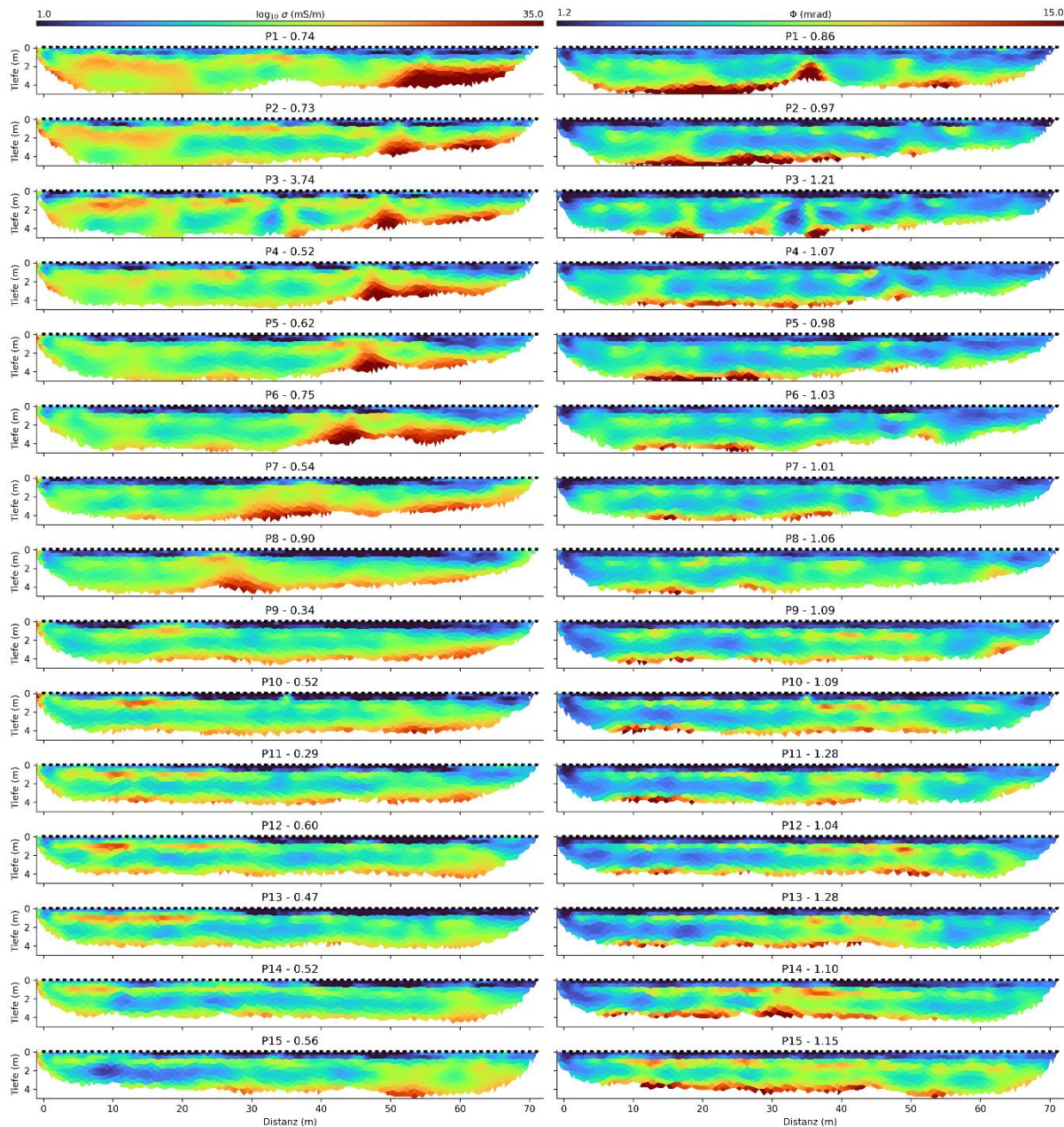


Abbildung 16. Untergrundmodelle der elektrischen Leitfähigkeit und der Phasenverschiebung entlang der Profile P1 bis P15 erhalten durch separate Inversion der IP-Daten (skip-0) mit pyGIMLi. Schwarze Punkte an der Oberfläche stellen die Elektrodenpositionen dar.

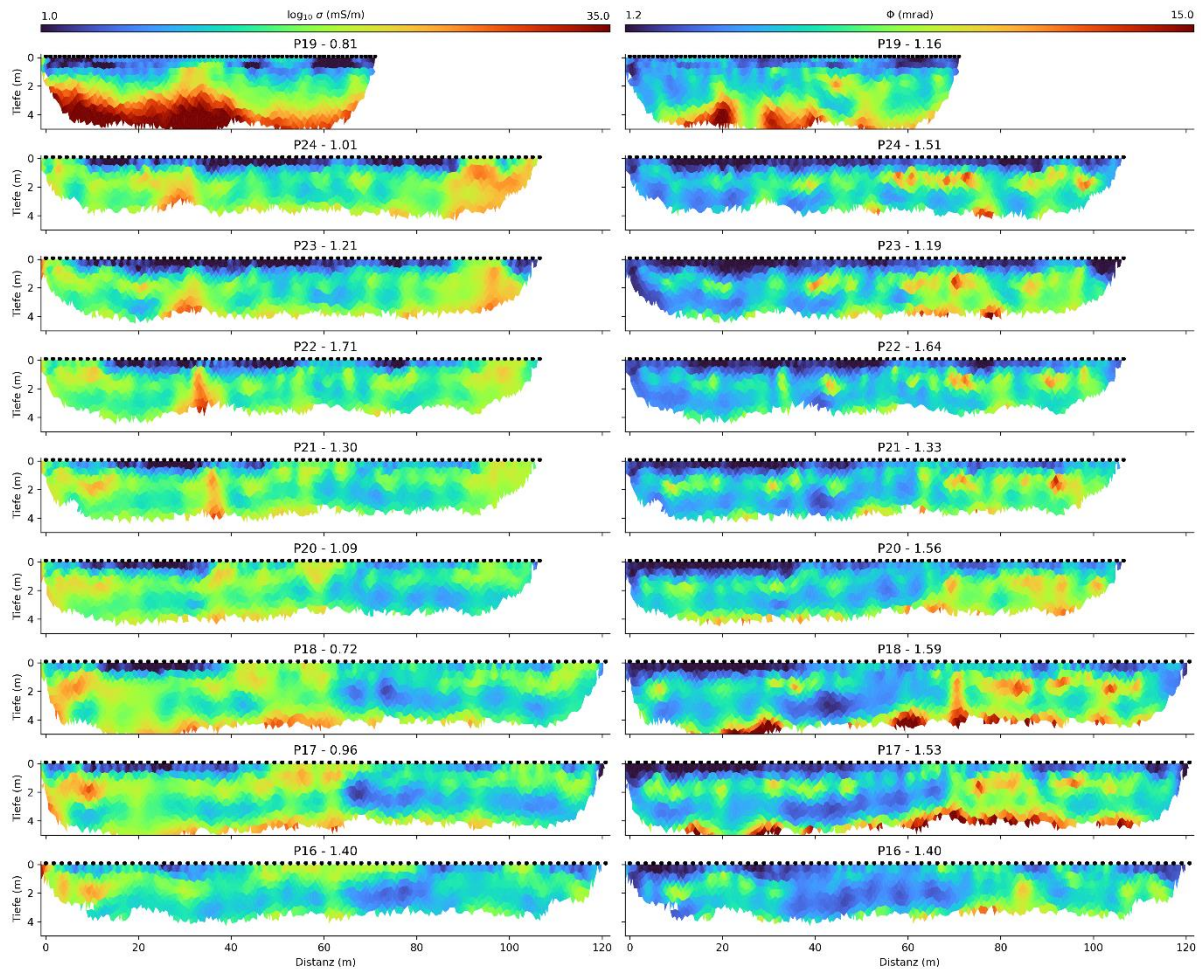


Abbildung 17. Untergrundmodelle der elektrischen Leitfähigkeit und der Phasenverschiebung entlang der Profile P16 bis P24 erhalten durch separate Inversion der IP-Daten (skip-0) mit pyGIMLi. Schwarze Punkte an der Oberfläche stellen die Elektrodenpositionen dar.

5.1.2 Analyse und Interpretation von Tiefschnitten durch 3D-Inversionsergebnisse

Trotz dieser wertvollen Informationen liefern die 2D-Inversionsergebnisse keinen vollständigen Überblick über den Untergrund. Insbesondere für die flächendeckende Untersuchung natürlicher geologischer Strukturen und potenzieller künstlicher Anomalien ist ein 3D-Modell notwendig. Aufgrund der Übereinstimmung der 2D-Inversionsergebnisse, die wir mittels CRTomo und pyGIMLi erhalten haben, und der Tatsache, dass 3D-Inversionen mit CRTomo nicht möglich sind, führen wir die 3D-Inversionen mit pyGIMLi durch. Dafür wird eine speziell für dieses Areal optimierte Diskretisierung des Untergrunds vorgenommen, die einen effizienten Kompromiss zwischen räumlicher Auflösung und benötigter Rechenzeit darstellt. Konkret können wir mit einer Rechenzeit von etwa 24 Stunden die elektrischen Eigenschaften des Untergrunds im untersuchten Bereich mit einem lateralen und vertikalen Detailgrad auflösen, der für die Interpretation und weitere geophysikalische Analysen adäquat ist.

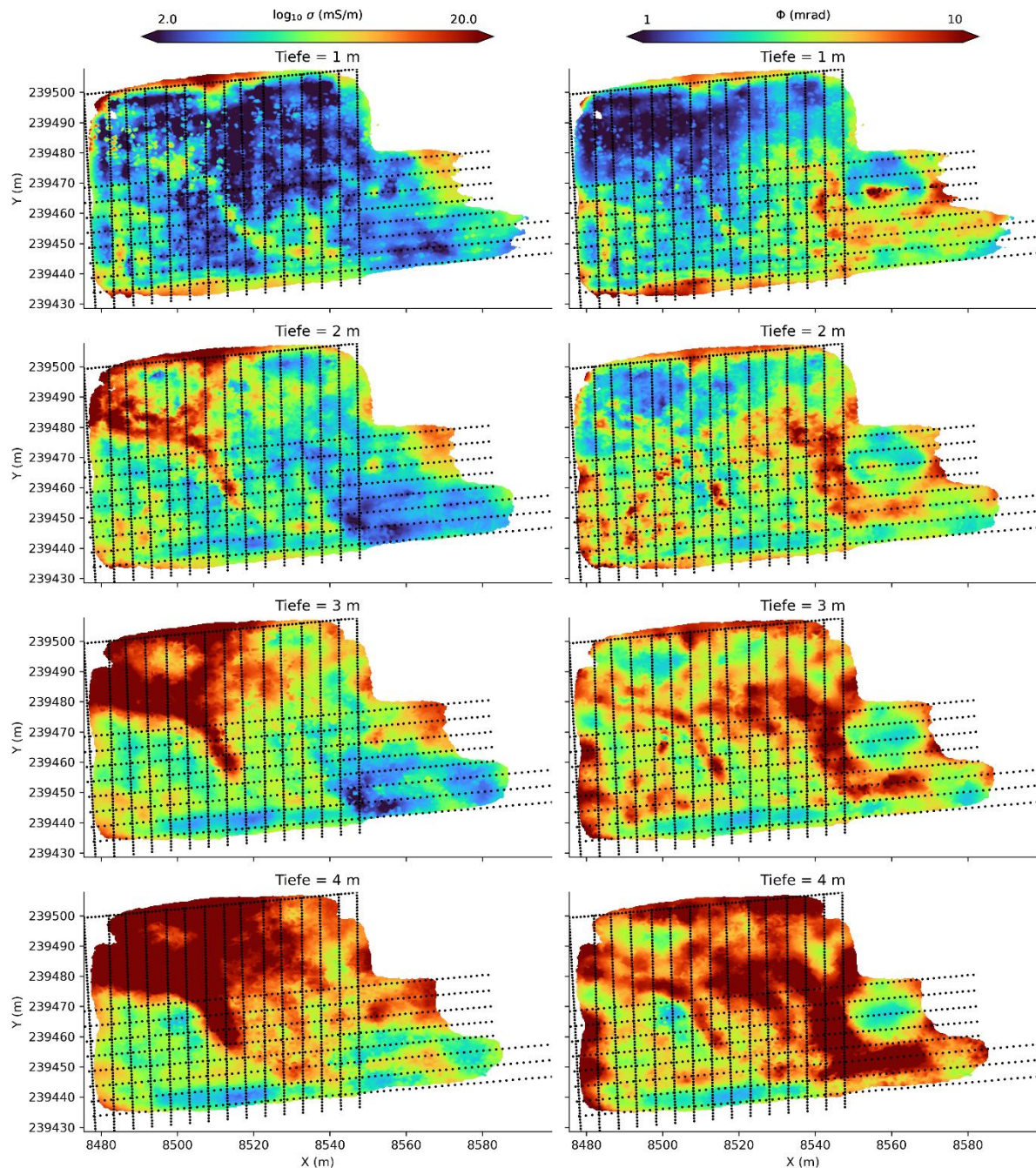


Abbildung 18. Tiefenschnitte durch die 3D-Modelle der elektrischen Leitfähigkeit und der Phasenverschiebung erhalten durch Inversion der IP-Daten mit pyGIMLi. Schwarze Punkte stellen die Elektrodenpositionen dar.

Abbildung 18 zeigt eine Übersicht der Tiefenschnitte durch die 3D-Modelle der elektrischen Leitfähigkeit (links) und der Phasenverschiebung (rechts) in Tiefen von 1, 2, 3 und 4 Metern. In einer Tiefe von 1 Meter ist deutlich der Einfluss des oberflächennahen, komplexen Untergrundaufbaus zu erkennen. Dennoch ist die bereits in den 2D-Ergebnissen identifizierte oberflächennahe Schotterschicht mit niedriger elektrischer Leitfähigkeit klar erkennbar. Die räumliche Ausdehnung dieser Schicht lässt sich im 3D-Modell besser abgrenzen, wodurch auch Einlagerungen leitfähigerer Materialien identifiziert werden können. Mit zunehmender

Tiefe wird die Schottererschicht sukzessive von einer Schicht leitfähiger Materialien abgelöst, die sich von Norden aus in das Kreuzstadlareal erstreckt. Diese Erkenntnisse aus dem 3D-Modell der elektrischen Leitfähigkeit liefern wichtige Informationen über die grundlegenden geologischen Einheiten in der näheren Umgebung des Rechnitzer Kreuzstadls. Im Gegensatz dazu zeigen die Tiefenschnitte des 3D-Modells der Phasenverschiebung einen deutlich stärkeren Einfluss oberflächennaher Heterogenitäten, der bis in etwa 3 Meter Tiefe reicht. Besonders auffällig ist der Tiefenschnitt in 3 Meter Tiefe: Im östlichen Bereich des Modells zeichnet sich eine geometrische, kreisförmige Anomalie ab. Diese ist durch eine geringe Polarisierung (niedrige Phasenverschiebung) im Zentrum gekennzeichnet, die von einer ringförmigen Struktur mit relativ hoher Polarisierung (mehr als 8 mrad) umgeben ist. Die Kombination der beiden Modelle erlaubt somit eine differenzierte Betrachtung der geologischen Schichtstrukturen und offenbart sowohl großflächige Einheiten als auch detaillierte lokale Anomalien, die für die weitere Interpretation und Planung zukünftiger Untersuchungen von großer Bedeutung sind.

5.1.3 Analyse der identifizierten ringförmigen Anomalie

In einem weiteren Untersuchungsschritt haben wir die auffällige, kreisförmige beziehungsweise ringförmige Anomalie detaillierter analysiert. Hierzu wurde der Tiefenschnitt aus dem 3D-Modell in eine Karte mit der aktuellen Orthophoto eingebettet (siehe **Abbildung 19**). Diese Darstellung zeigt, dass sich der Großteil der Anomalie südlich des Kreuzstadls befindet, wobei im südöstlichen Sektor eine Unterbrechung der Anomalie erkennbar ist. Auffällig ist, dass die Vegetation in aktuellen Orthophotos keine Hinweise auf die Existenz dieser Anomalie geben. Ebenso zeigen historische Luftbilder, die gegen Ende des Zweiten Weltkriegs aufgenommen wurden, keine Bombentreffer oder andere offensichtliche Störungen, die diese Anomalie erklären könnten. Angesichts der Tatsache, dass bereits durch Magnetikkartierungen im Umfeld des Kreuzstadls prähistorische Kreisgrabenanlagen nachgewiesen wurden, lag der Verdacht nahe, dass auch diese Anomalie in den Magnetikdaten erkennbar sein könnte.

Doch wie in **Abbildung 20** gezeigt, ist die ringförmige Anomalie in den Magnetikdaten nicht sichtbar. Generell repräsentieren magnetische Anomalien die Projektion der Quellstrukturen aus der Tiefe auf die Oberfläche. Die Sensitivität der Magnetik gegenüber Strukturen nimmt mit zunehmender Tiefe ab, da das Signal durch den Abstand zwischen Quelle und Sensor gedämpft wird. Durch Inversion oder Tiefenschätzmethoden könnten Informationen über die Tiefe der Strukturen abgeleitet werden, die uns für den von der Geosphere an uns übermittelten Datensatz nicht vorliegen. Zudem ist die Magnetik nur empfindlich gegenüber Materialien mit magnetischen Eigenschaften. Strukturen ohne Magnetisierung bleiben in Magnetikdaten unsichtbar. Geometrische Faktoren wie geringe Quellgröße oder ungünstige Tiefenlagen können ebenfalls dazu führen, dass Anomalien nicht aufgelöst werden.

Die Diskrepanz zwischen Magnetik und IP macht die Interpretation der Anomalie besonders anspruchsvoll. Ein direkter Zusammenhang mit dem Projektgegenstand, der Suche nach dem Massengrab, kann aufgrund der Tiefe der Anomalie sowie der fehlenden Hinweise in den historischen Luftaufnahmen weitgehend ausgeschlossen werden. Dennoch sollten diese Ergebnisse der Taskforce Rechnitz präsentiert und in diesem Rahmen diskutiert werden, um potenzielle weitere Ansätze zu prüfen. Vor diesem Hintergrund empfehlen wir, diese Anomalie im Rahmen einer detaillierten, hochauflösenden Untersuchung weiter zu analysieren. Ergänzende IP-Messungen mit erhöhter Auflösung sowie die Anwendung weiterer komplementärer geophysikalischer und geowissenschaftlicher Methoden könnten dazu beitragen, die räumlichen und physikalischen Eigenschaften der Anomalie besser zu verstehen. Ein solches Vorgehen könnte nicht nur wissenschaftliche Erkenntnisse über die Geologie des Gebiets liefern, sondern auch potenzielle archäologische oder historische Bedeutungen aufzeigen.

5.1.4 Weiterer Vergleich der Magnetikkartierung mit den elektrischen Untergrundmodellen

Obwohl die Magnetikdaten keine Hinweise auf die ringförmige Anomalie lieferten, haben wir untersucht, ob andere Strukturen aus der Magnetikkartierung in den elektrischen Modellen identifiziert werden können. Als Beispiel wurde eine markante Struktur westlich des Kreuzstadls herangezogen. Diese prominente Struktur wurde mit dem Tiefenschnitt in 3 m Tiefe aus dem 3D-Modell der Phasenverschiebung überlagert (siehe **Abbildung 21**). Dabei zeigte sich, dass Lage, Form, Orientierung und Verlauf der Struktur in den elektrischen Modellen durch eine erhöhte Phasenverschiebung (> 6 mrad) deutlich abgebildet sind. Dies stellt einen Nachweis dar, dass unter bestimmten Bedingungen ähnliche Strukturen sowohl in der Magnetik als auch mit der IP-Methode detektiert werden können. Unsere Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass diese Übereinstimmung nicht für den gesamten 3D-Modellraum gilt, sondern nur in spezifischen Tiefenbereichen auftritt. Dies ist insbesondere auf die unterschiedliche Sensitivität der beiden Methoden zurückzuführen. Eine systematische Untersuchung der Zusammenhänge und Abweichungen zwischen Magnetik und IP-Messungen könnte wertvolle Erkenntnisse liefern, um die Stärken und Schwächen dieser geophysikalischen Methoden besser zu verstehen. Solche Untersuchungen könnten nicht nur die Interpretation der Daten in Rechnitz verbessern, sondern auch wichtige methodische Grundlagen für künftige Studien in vergleichbaren Gebieten schaffen.

Ein erster Schritt zur weiteren systematischen Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Magnetik und IP-Daten ist in **Abbildung 22** dargestellt. Hier zeigen wir einen Tiefenschnitt durch das 3D-Modell der elektrischen Leitfähigkeit, dem die prominente Struktur aus der Magnetikkartierung überlagert wurde. Auffällig ist, dass sich diese Struktur in südöstlicher Richtung im Tiefenschnitt weiter fortsetzt. Zu beachten ist dabei, dass dieser Tiefenschnitt die Verhältnisse in 1 m Tiefe abbildet, im Gegensatz zum zuvor diskutierten Tiefenschnitt durch das 3D-Modell der Phasenverschiebung, der sich in 3 m Tiefe befindet. Diese Diskrepanz legt

nahe, dass die Anomalie, die für die detektierte Struktur verantwortlich ist, entweder unterschiedliche elektrische Eigenschaften in verschiedenen Tiefen aufweist oder generell in ihrem Verlauf eine Änderung der Tiefe durchläuft. Eine solche Variation könnte auf unterschiedliche geologische Einheiten, eine Verlagerung der Struktur in der Tiefe oder auf Änderungen in den physikalischen Eigenschaften des Untergrundmaterials hindeuten. Dieser Befund zeigt eindrucksvoll, wie stark die heterogenen Untergrundverhältnisse im Bereich des Kreuzstadls ausgeprägt sind.

Trotz dieser Unsicherheiten liefert die Überlagerung der Magnetikdaten mit den IP-Ergebnissen wertvolle Hinweise auf mögliche Zusammenhänge zwischen den Methoden. Während die Magnetik empfindlich auf magnetisierte Materialien reagiert, zeigt die elektrische Leitfähigkeit Sensitivität gegenüber Materialien mit variierenden leitfähigen Eigenschaften. Die Beobachtung, dass die in der Magnetikkartierung identifizierte Struktur in den IP-Daten wiederzufinden ist, wenn auch mit einer Tiefenabhängigkeit, deutet darauf hin, dass sich die Methoden in bestimmten Fällen ergänzen können. Diese Erkenntnisse unterstreichen die Notwendigkeit, die räumlichen und physikalischen Zusammenhänge zwischen Magnetik- und IP-Messungen systematisch zu untersuchen. Eine detaillierte Analyse könnte neue Einblicke in die komplexen geologischen Verhältnisse liefern und zur weiteren Verfeinerung der geophysikalischen Interpretation in Rechnitz beitragen.

5.1.5 Untersuchung von linearen und polygonalen Strukturen in den elektrischen Leitfähigkeitsmodellen

Ein weiterer Tiefschnitt aus dem 3D-Modell der elektrischen Leitfähigkeit, der die Verhältnisse in 4 m Tiefe darstellt, offenbart schwach erkennbare, polygonale Strukturen mit regelmäßigen geometrischen Eigenschaften (siehe Abbildung 23). Diese Strukturen, die in den Magnetikdaten nicht sichtbar sind, bieten neue Einblicke in die Heterogenität des Untergrunds, bleiben jedoch aufgrund ihrer Tiefe für den zentralen Untersuchungsgegenstand des Projekts GEOHAB – die Suche nach einem Massengrab – von begrenzter Relevanz. Dennoch ist es wichtig, hervorzuheben, dass die IP-Methode sensitiv auf eine breite Palette von Anomalien und Strukturen im Untergrund reagiert. Diese Sensitivität muss bei der Interpretation der Daten berücksichtigt werden, um falsche Schlüsse zu vermeiden. Insbesondere bei der Suche nach spezifischen Objekten ist es entscheidend, potenzielle Fehlinterpretationen solcher Strukturen auszuschließen.

Im Rahmen einer Anfrage der Taskforce Rechnitz wurde zudem untersucht, ob die in historischen Luftbildern sowie im aktuellen Orthophoto sichtbaren linearen Strukturen in unseren Untergrundmodellen nachweisbar sind. Interessanterweise sind auch diese linearen Strukturen, ähnlich wie die zuvor beschriebene ringförmige Anomalie, nicht in der Magnetikkartierung erkennbar. Dies unterstreicht, dass die Magnetik in der Archäologie zwar eine äußerst leistungsfähige Methode ist, jedoch nicht alle Strukturen im Untergrund detektieren kann – zumindest nicht ohne eine Anpassung der Messstrategien oder der

Auswertemethoden. Die klarsten Hinweise auf die linearen Strukturen liefern die IP-Daten im Tiefenschnitt in 2 m Tiefe. **Abbildung 24** zeigt, dass sich entlang der linearen Strukturen eine schwache, aber erkennbare Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit abzeichnet. Der geringe Kontrast im elektrischen Modell könnte verschiedene Ursachen haben, darunter physikalische oder geometrische Eigenschaften der Struktur. Eine weitere Möglichkeit ist, dass die Wahl der Schnitttiefe suboptimal war, wodurch der Kontrast verringert wurde. Da die linearen Strukturen nur einen marginalen Bezug zum Projekt GEOHAB haben und keinerlei Zusammenhang zum gesuchten Massengrab aufweisen, wurde in diesem Rahmen keine weitere Analyse durchgeführt. Dennoch demonstrieren diese Strukturen, dass eine umfassende Charakterisierung des Gebiets rund um den Rechnitzer Kreuzstadl von erheblichem Interesse für verschiedene wissenschaftliche Disziplinen sein könnte. Dies gilt insbesondere in Hinblick auf die Weiterentwicklung und den kombinierten Einsatz geophysikalischer Methoden zur Erfassung komplexer Untergrundstrukturen.

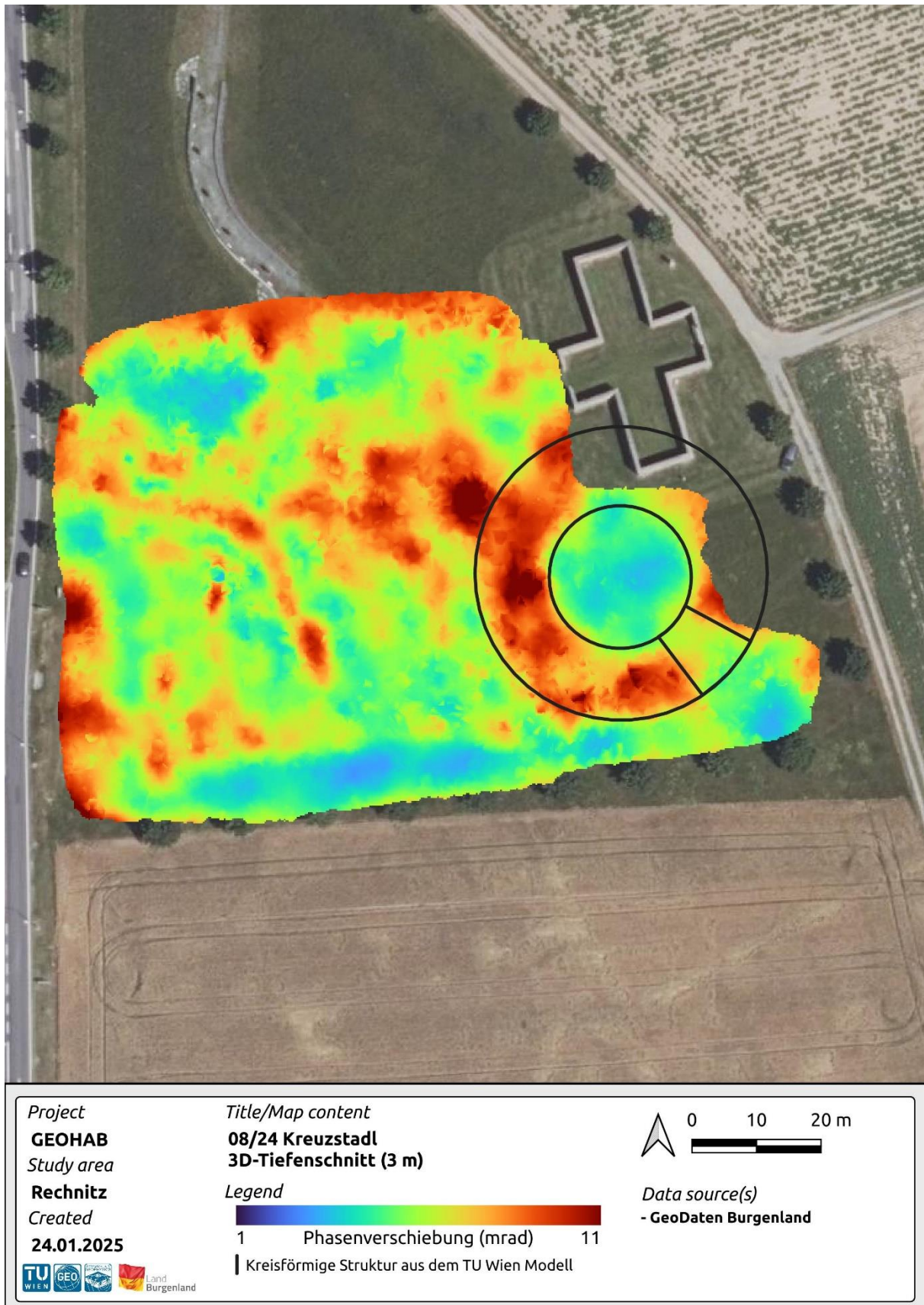


Abbildung 19. Schnitt in 3 m Tiefe parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der Phasenverschiebung. Schwarze durchgehende Linien kennzeichnen eine in diesem Tiefenschnitt identifizierte Struktur.

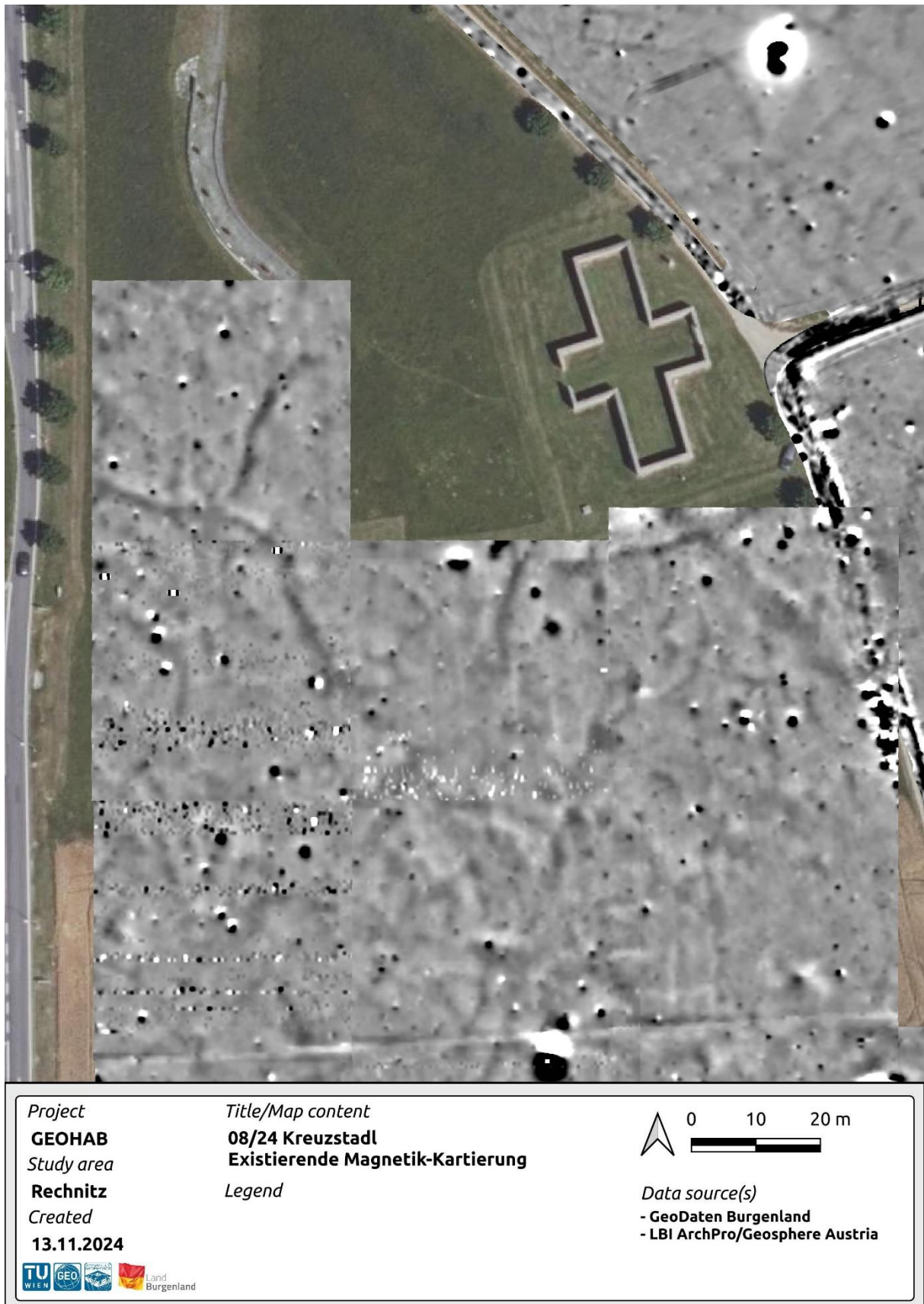


Abbildung 20. Magnetische Kartierung auf dem Kreuzstadlareal durchgeführt vom LBI ArchPro bzw. Geosphere Austria.

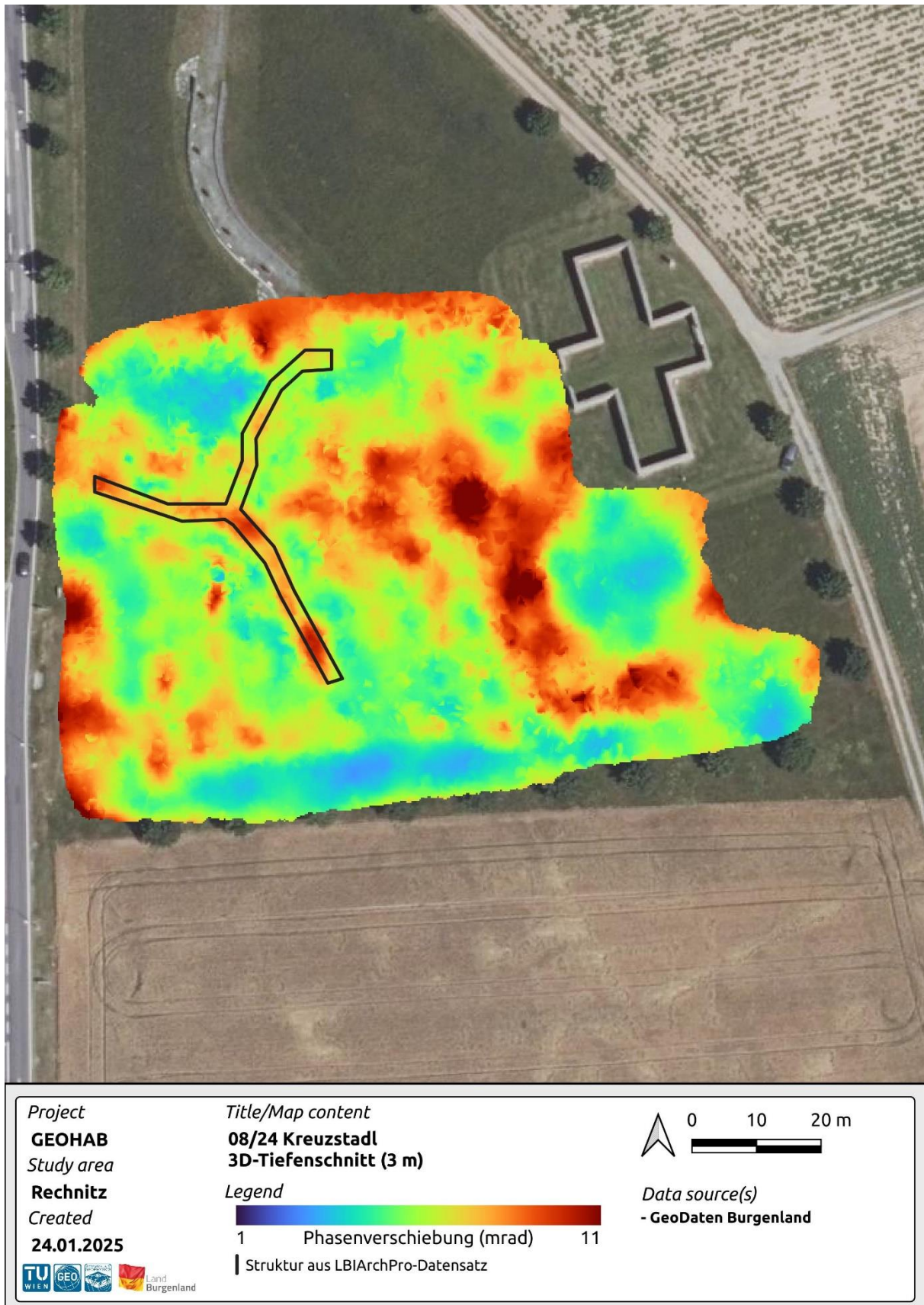


Abbildung 21. Schnitt in 3 m Tiefe parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der Phasenverschiebung. Schwarze durchgehende Linien zeigen eine in der Magnetikkartierung identifizierte Struktur.

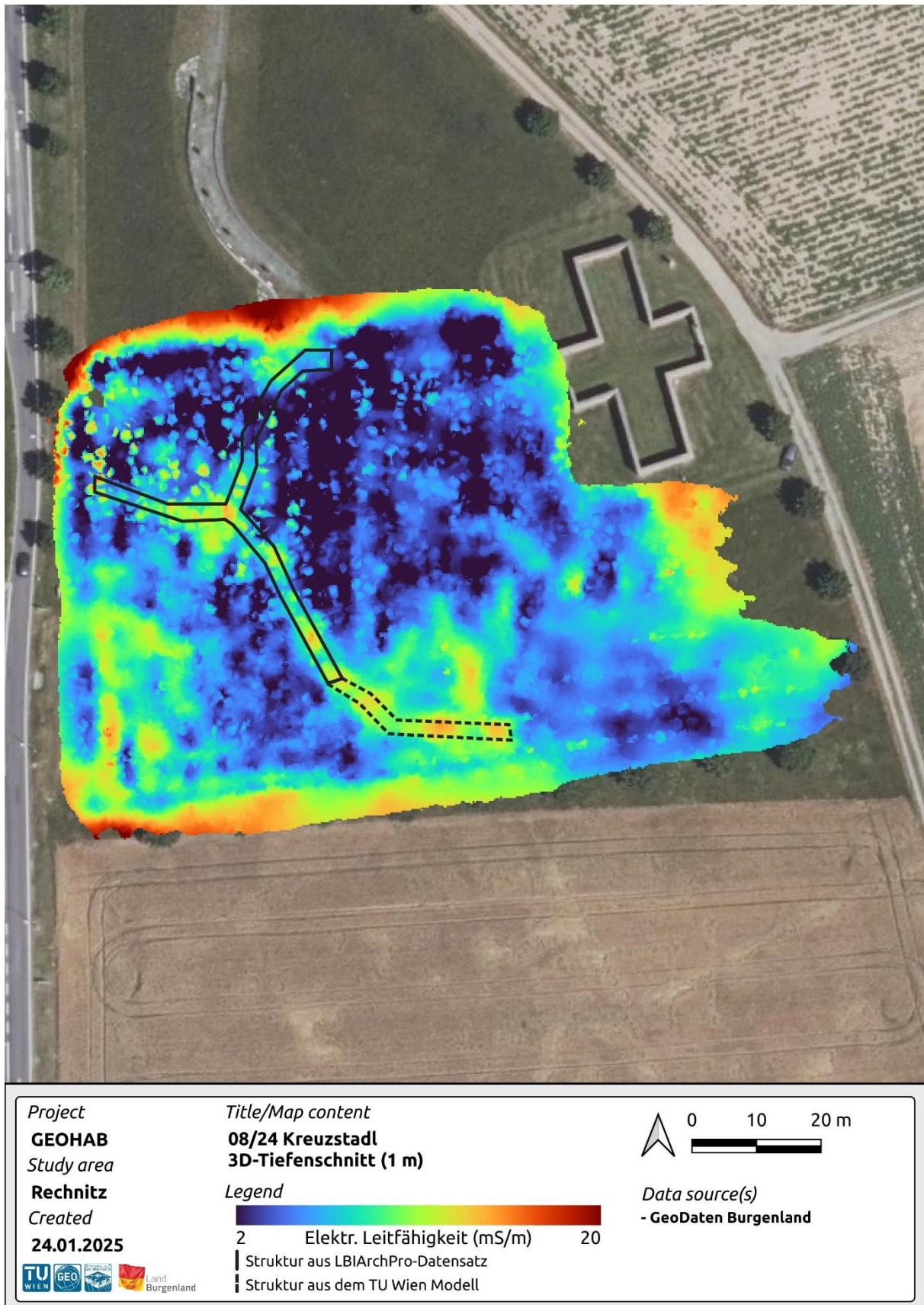


Abbildung 22. Schnitt in 1 m Tiefe parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der elektrischen Leitfähigkeit. Schwarze strichlierte Linien zeigen eine mögliche Fortsetzung der Struktur aus der Magnetikkartierung.

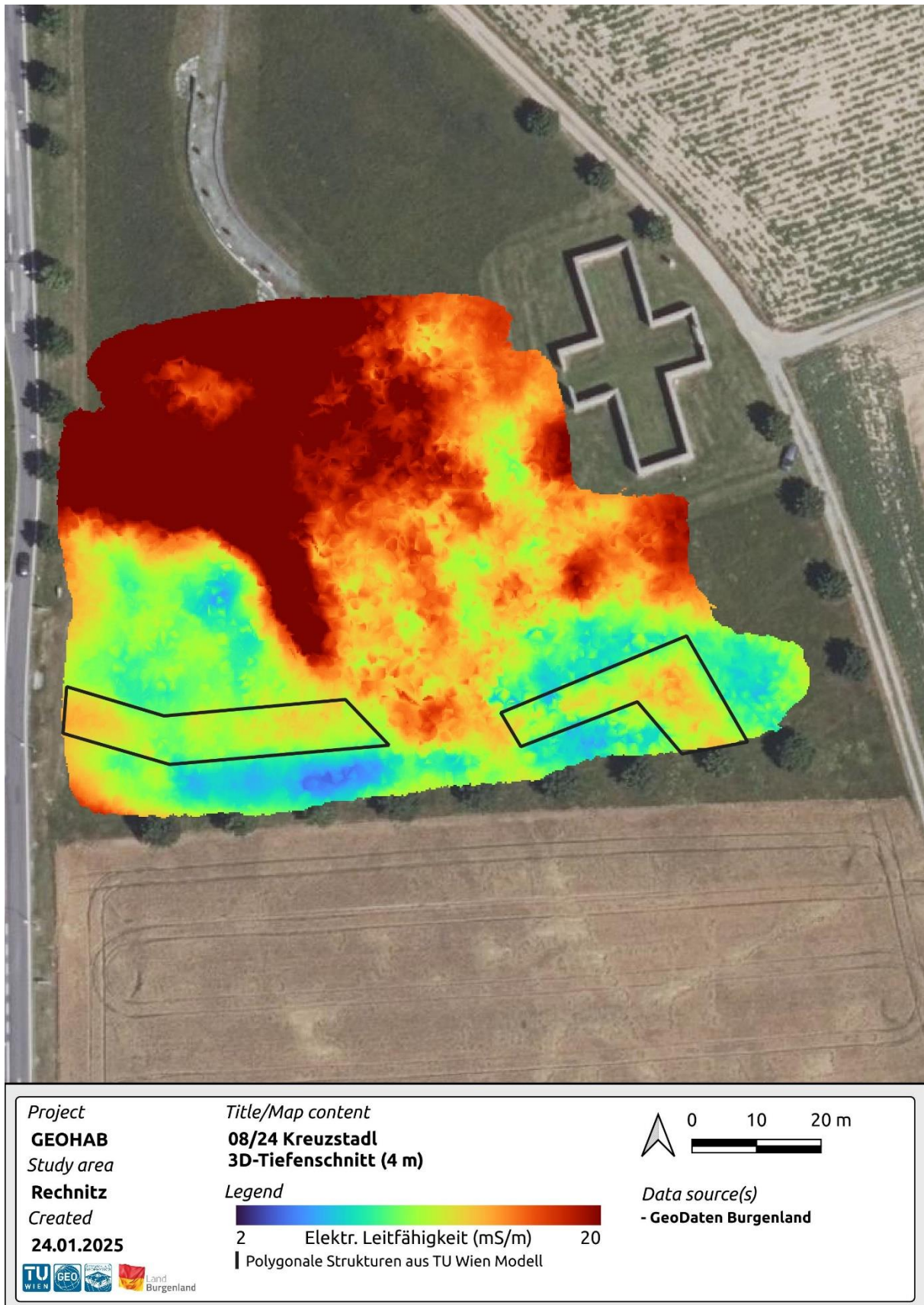


Abbildung 23. Schnitt in 4 m Tiefe parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der elektrischen Leitfähigkeit. Schwarze durchgehende Linien kennzeichnen mögliche polygonale Strukturen, die in diesem Tiefenschnitt identifiziert werden können.

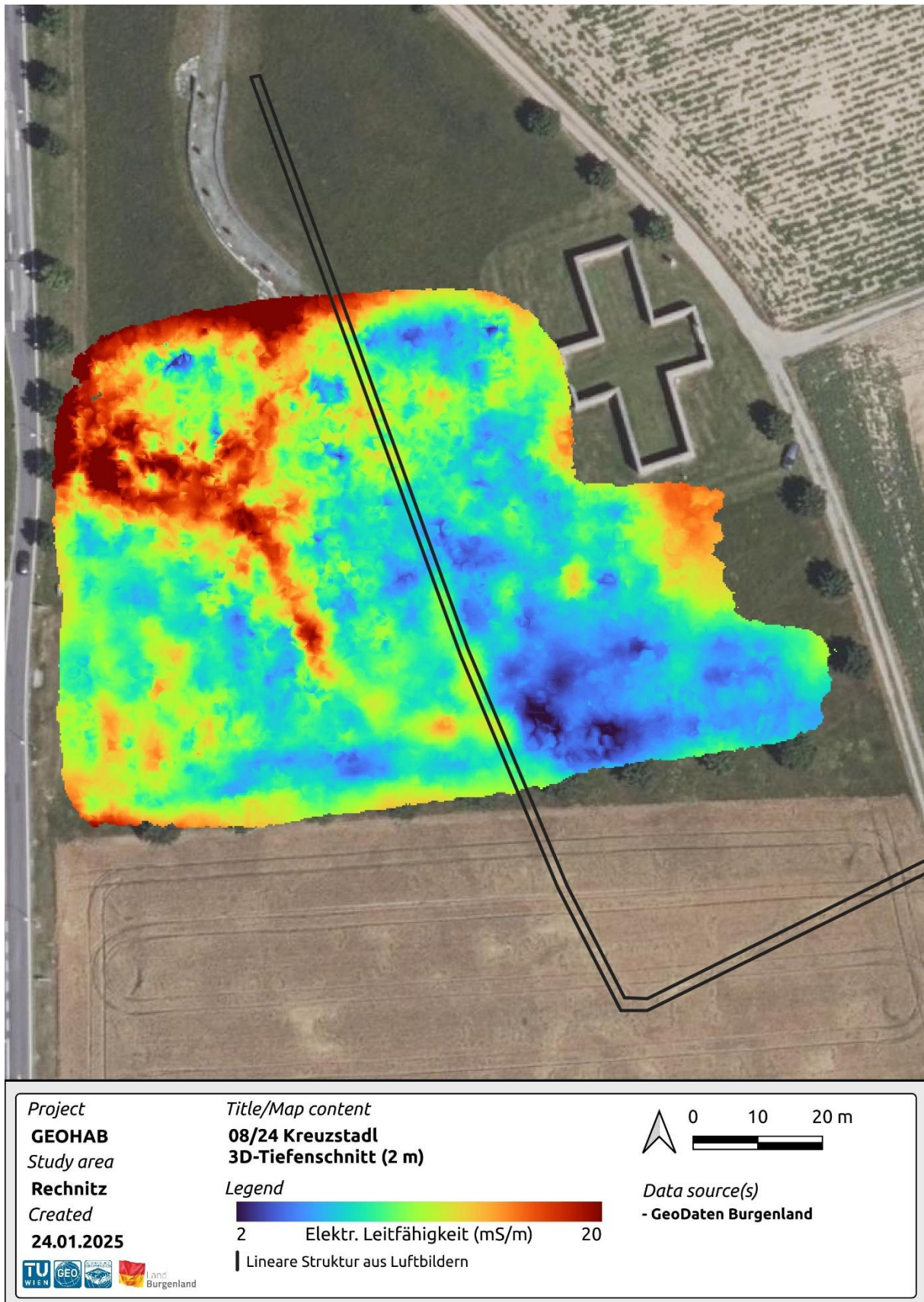


Abbildung 24. Schnitt in 2 m Tiefe parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der elektrischen Leitfähigkeit. Schwarze durchgehende Linien zeigen eine in der in historischen Luftaufnahmen und aktuellen Orthophotos sichtbare Struktur.

5.2 Detaillierte Untersuchung weiterer Verdachtsflächen

Im Rahmen der geophysikalischen Untersuchungen wurden Messungen mit der Induzierten Polarisation (IP) auf drei ausgewählten Verdachtsflächen durchgeführt. Die Hinweise auf potenzielle Fundstellen der mutmaßlichen Grablegen der Brüder Arpad und Geza stammen von der Task Force Rechnitz. **Abbildung 25** zeigt die für diese Untersuchungen verwendeten Messanordnungen. Für die mögliche Grabstelle von Arpad wurde eine 3D-Messanordnung konzipiert, bei der die Elektroden spiralförmig um die Verdachtsfläche verteilt wurden. Dieses Gebiet ist durch eine Geländeerhebung von bis zu einem Meter Höhe geprägt. Aufgrund des Elektrodenabstands von 0.5 m muss diese Topografie bei der weiteren Verarbeitung der IP-Daten berücksichtigt werden. Die potenzielle Grabstelle von Geza wurde im Bereich der Baumreihe an der östlichen Grenze des Kreuzstadl-Grundstücks verortet. Da das spezifische Baumpaar nicht eindeutig identifiziert werden konnte, wurden drei Messprofile definiert. Entlang dieser Profile erfolgte die Erfassung der IP-Daten mit einem Elektrodenabstand von 1 m. Ergänzend wurden auf Wunsch der Archäologiegruppe des Landes Burgenland fünf weitere Profile in der angrenzenden Ackerfläche aufgenommen (**Abbildung 26**). Ziel dieser Messungen war es, zu klären, ob eine in mehreren historischen Luftaufnahmen erkennbare lineare Struktur auch in den elektrischen Modellen des Untergrunds sichtbar ist.

Diese zusätzlichen Untersuchungen wurden kurzfristig als Ersatz für die ausgefallene Kampagne auf den Lindau-Flächen angesetzt. Der Hinweis auf die beiden potenziellen Grablegen ging dabei auf die Angaben eines Wüschelrutengehers zurück und basierte somit nicht auf wissenschaftlich belastbaren Quellen. In der Folge wurde die Priorität dieser Untersuchungen im Rahmen der Projektsteuerung durch das Land Burgenland und die Taskforce Rechnitz neu bewertet. Aufgrund der Vielzahl an bereits vorliegenden Datensätzen aus anderen, auf wissenschaftlich oder daten-basiert belegten Hinweisen beruhenden Verdachtsflächen war es erforderlich, die verfügbaren Verarbeitungskapazitäten auf jene Untersuchungen zu konzentrieren, die das größte Potenzial für eine belastbare Interpretation bieten. Die entsprechenden Datensätze sind nicht direkt mit den bereits auf dem Kreuzstadl-Grundstück erhobenen Daten verknüpft und können daher nur eingeschränkt in die bevorzugte 3D-Inversion der IP-Daten einbezogen werden. Darüber hinaus fehlen für die betreffenden Bereiche belastbare Informationen zu den Untergrundeigenschaften, die für eine fundierte Interpretation der Ergebnisse herangezogen werden könnten.



Abbildung 25. Detaillierte Untersuchung mit der IP-Methode in Bereichen, die von der Taskforce Rechnitz als mögliche Grablegen der Brüder Geza und Arpad identifiziert und als Verdachtsflächen definiert wurden.



Abbildung 26. Detaillierte Untersuchung mit der IP-Methode in Bereichen, die von der Taskforce Rechnitz als relevant für die Untersuchung der in mehreren Luftbildern sichtbaren linearen Strukturen.

6 Untersuchung der Verdachtsfläche auf Parzelle 8815

Die auf Vorschlag der Taskforce Rechnitz geplante geophysikalische Untersuchung der vermuteten Massengräber auf der (historischen) Parzelle 8815 in Rechnitz basierte auf verschiedenen Quellen, wobei das zentrale Dokument ein Schreiben der Gemeinde Rechnitz an die Bezirkshauptmannschaft Oberwart vom 22. April 1965 war. In diesem Dokument finden sich sowohl eine verbale als auch eine kartenmäßige Beschreibung zweier Massengräber, einschließlich der genauen Parzellennummern (10378 bzw. 8815) in der Katastralgemeinde Rechnitz sowie der Eigentumsverhältnisse. Zusätzlich wurden räumliche Informationen zu bereits durchgeführten Grabungen und geophysikalischen Messungen zusammengestellt und in der Karte visualisiert (siehe **Abbildung 27**).

6.1 Erstellung und Anpassung des Messplans

Durch die Georeferenzierung des Plans aus dem Schreiben der Gemeinde Rechnitz vom 22. April 1965 konnten wir die potentielle Lage des Massengrabes auf dem Grundstück von Dietmar Lindau lokalisieren. Die im Plan angegebenen Parzellennummern (8815) und geographischen Koordinaten wurden auf die heutige Kartenbasis übertragen, was eine genaue Verortung in der aktuellen Umgebung ermöglichte. Auf Grundlage dieser Quellen erstellten wir einen detaillierten Messplan, der die geoelektrischen und elektromagnetischen Untersuchungen zur Aufdeckung geologischer Strukturen und möglicher Anomalien unter der Oberfläche vorsah. Die ursprünglich geplante Position und Orientierung der Messprofile sind aus der Karte in **Abbildung 28** ersichtlich.

Die Kommunikation mit Herrn Lindau war von Anfang an konstruktiv und unterstützend. Am 9. Oktober 2024 übermittelten wir ihm Unterlagen und Karten, die die geplanten geoelektrischen Untersuchungen visualisierten. In seiner Antwort bestätigte Herr Lindau den Empfang dieser Dokumente und gab seine Zustimmung die Messungen durchzuführen. Zusätzlich übermittelte Herr Lindau ergänzende Einschätzungen und Informationen zur genauen Lage der Massengräber, einschließlich konkreter Koordinaten (47° 17' 43" N, 16° 26' 46" E). Ein aktuelles Luftbild, das uns Herr Lindau am 10. Oktober 2024 ebenfalls zur Verfügung stellte, zeigte zahlreiche Pferdekoppeln und Kunststoffsäulen als potenzielle Hindernisse für die geplanten Messungen. In enger Absprache mit Herrn Lindau passten wir den Messplan an, um diese Hindernisse zu berücksichtigen. Es wurde festgelegt, dass die Kabel unter den Umzäunungen hindurchgeführt werden sollten, und wir baten um detaillierte Informationen zur Verankerung der Kunststoffsäulen, um metallische Bauteile in der Datenauswertung erkennen zu können.

Im Zuge der Kommunikation mit Herrn Lindau wurden neue Informationen und örtliche Gegebenheiten bekannt, die eine erhebliche Anpassung des ursprünglichen Messplans erforderlich machten, wodurch es zu einer merklichen Reduktion der ursprünglich geplanten Messungen kam. Die neuen Erkenntnisse beeinflussten nicht nur die Anzahl der zu

untersuchenden Bereiche, sondern auch die Ausrichtung der Messprofile, um örtliche Gegebenheiten (z.B. Grundstücksgrenzen) zu berücksichtigen und dennoch aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. Basierend auf den erhaltenen Informationen wurden vier Messprofile geplant, die die beiden vermuteten Hauptgräber sowie mehrere kleinere Gruben abdeckten (siehe **Abbildung 29**). Die Messungen sollten zwischen dem 21. und 23. Oktober 2024 durchgeführt werden, wobei sowohl logistische als auch tageszeitliche Aspekte berücksichtigt wurden.

6.2 Kurzfristige Absage der Untersuchungen und Schlussfolgerungen daraus

In einer E-Mail am 15. Oktober 2024 widerrief Herr Lindau seine zuvor erteilte Zustimmung zur Durchführung der geoelektrischen Messungen. Diese Entscheidung erfolgte nach Erhalt eines Schreibens des Landes Burgenland, dessen Inhalt uns nicht bekannt ist. Möglicherweise enthielt dieses Schreiben Informationen oder Entscheidungen des Innenministeriums, welche die Rahmenbedingungen für Herrn Lindau derart änderten, dass eine Durchführung unserer geophysikalischen Messungen aus seiner Sicht nicht mehr möglich war.

Die Absage der Messungen stellt einen erheblichen Rückschlag für unser Projekt dar. Trotz intensiver Planung und konstruktiver Kommunikation mit dem Grundeigentümer konnten wir die Untersuchungen nicht wie vorgesehen durchführen. Diese Erfahrung hebt die Bedeutung hervor, rechtliche und administrative Aspekte frühzeitig in den Projektplan einzubeziehen, insbesondere bei historischen oder archäologischen Untersuchungen in sensiblen oder umstrittenen Gebieten. Zukünftige Projekte sollten besser auf solche Herausforderungen vorbereitet sein, indem sie eine robuste Kommunikationsstrategie entwickeln und die notwendigen rechtlichen Genehmigungen rechtzeitig einholen, um ähnliche Rückschläge zu vermeiden.

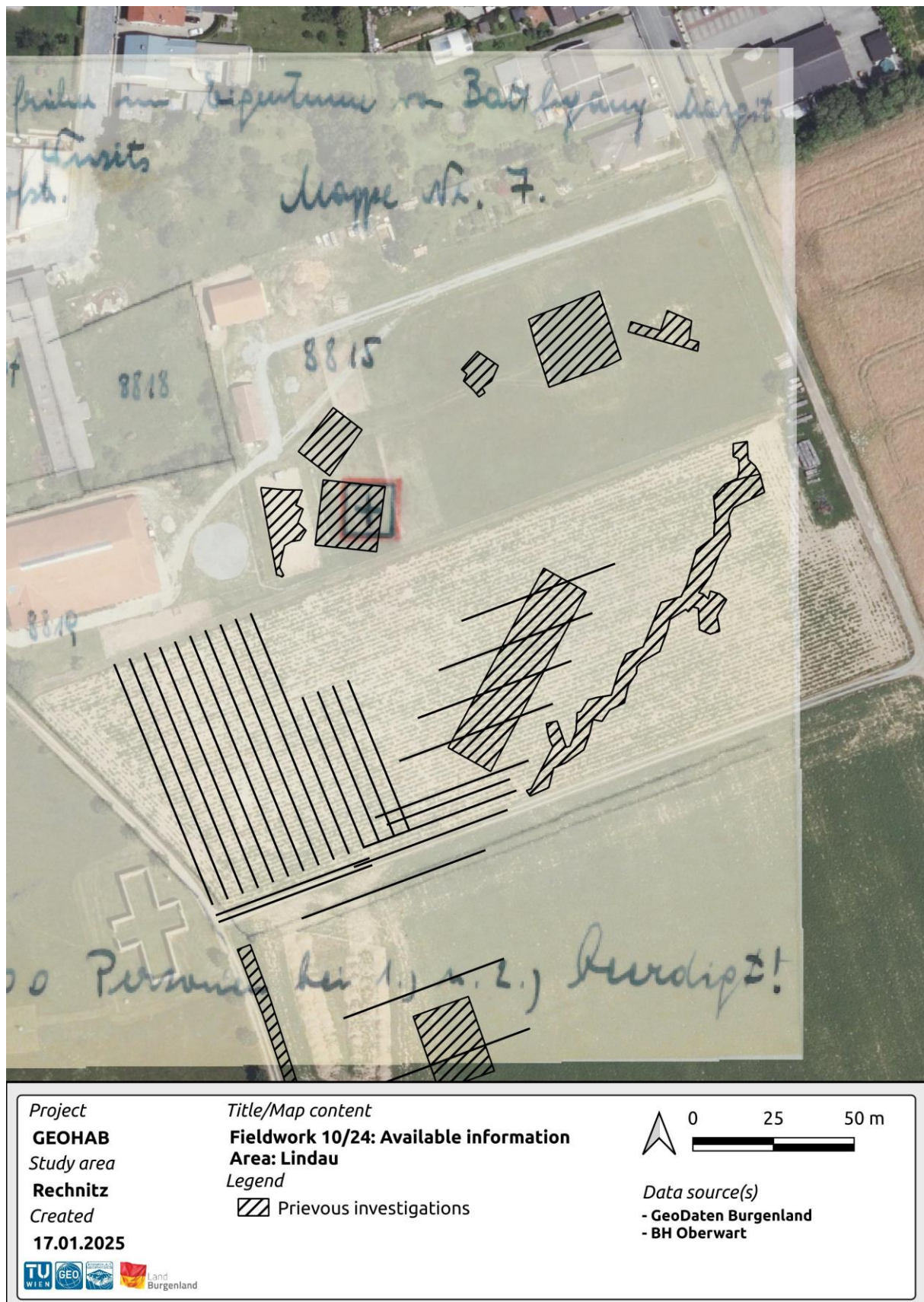


Abbildung 27. Lokalisierung des Massengrabs auf Parzelle 8815 basierend auf der Georeferenzierung des Plans aus dem Schreiben der Gemeinde Rechnitz vom 22. April 1965. Ergänzend sind auch bereits durchgeführte Untersuchungen dargestellt.

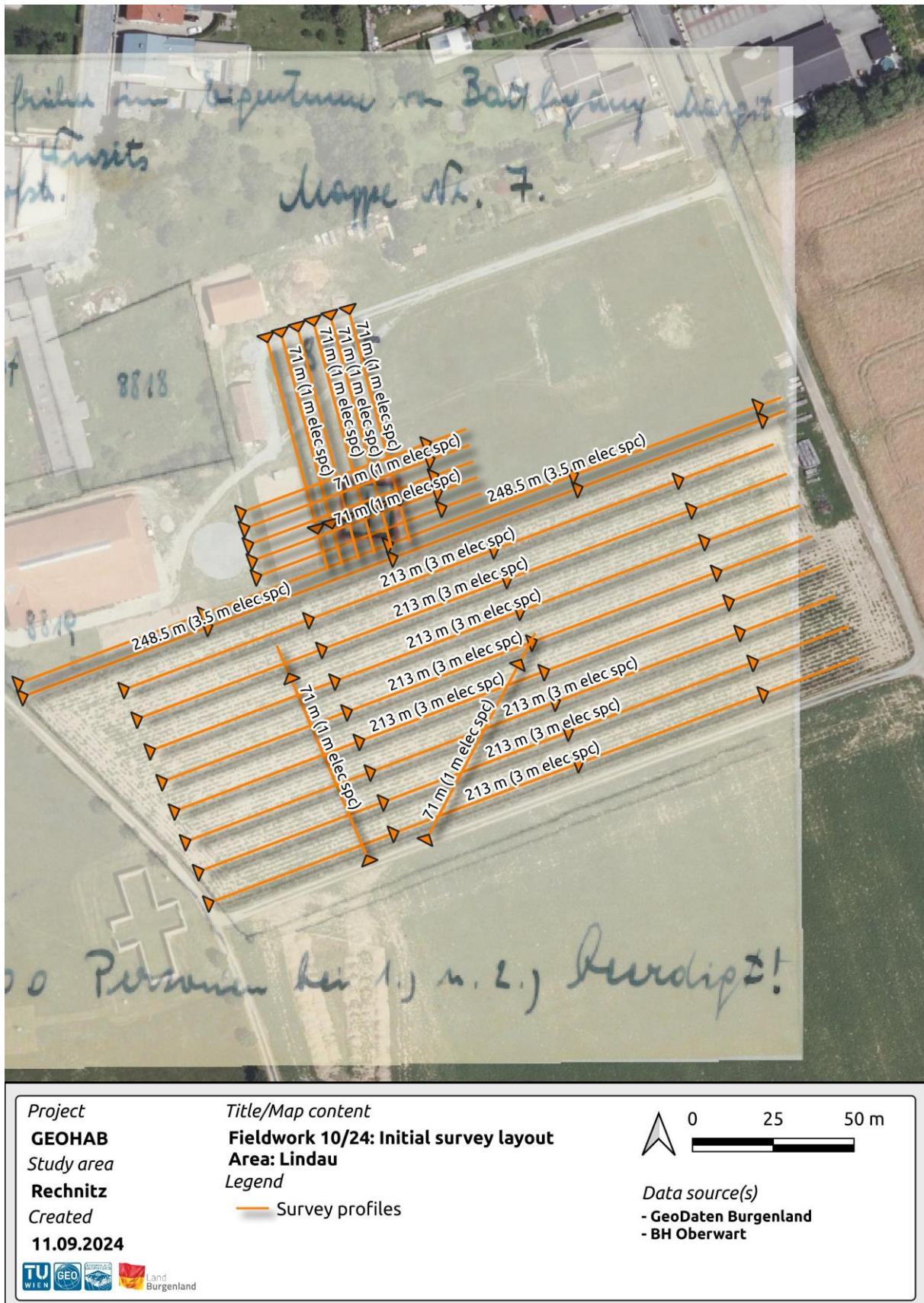


Abbildung 28. Übersicht der basierend auf existierenden Informationen definierten Ausrichtung und Verteilung der Profile für die geophysikalischen Untersuchungen.

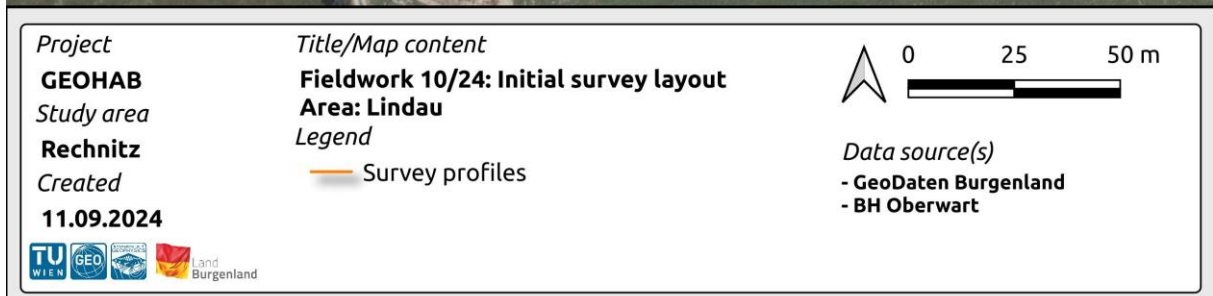


Abbildung 29. Aufgrund ergänzender Informationen und örtlicher Gegebenheiten adaptierter Messplan mit nun vier Profilen auf dem Grundstück von Herrn Lindau.

7 Verbesserte Verortung und Untersuchung des Massengrabes auf Parzelle 8815

Die wichtigste Informationsquelle hinsichtlich der Lage von Massengräbern im Gemeindegebiet von Rechnitz ist ein Schreiben der Gemeinde Rechnitz an die Bezirkshauptmannschaft Oberwart vom 22.04.1965. In diesem Dokument finden sich u.A. eine verbale sowie kartenmäßige Beschreibung zweier Massengräber mit genauer Angabe der Parzellennummern (10378 bzw. 8815) in der Katastralgemeinde Rechnitz sowie Eigentumsverhältnissen. Beide Massengräber sind laut diesem Dokument mit einem Lattenzaun umgeben und befinden sich inmitten einer Ackerfläche, wobei für das Massengrab auf Parzelle Nr. 10378 eine ungefähre Größe von 3 x 3 m angegeben wird. Diese Größenordnung wird in weiterer Folge auch für das Massengrab auf Parzelle Nr. 8815 genommen.

Insbesondere der Hinweise auf das ungepflegte Massengrab auf Parzelle Nr. 8815, gelegen am südlichen Ortsausgang von Rechnitz, decken sich weitgehend mit den Informationen zum Massengrab im Zusammenhang mit dem Massaker von Rechnitz am 24.03.1945. Auch andere historische Quellen beschreiben die Lage dieses Massengrabes im Gebiet zwischen Kreuzstadl und Schweizermeierhof inmitten eines (unbewirtschafteten) Ackers. Des Weiteren gibt es Informationen, dass der das Massengrab umgebene Lattenzaun im Laufe der Jahre mehrmals versetzt wurde bis er gänzlich verschwand und damit jegliche Hinweise auf das Massengrab getilgt wurden. Unbestätigten Berichten zufolge sollen an der ursprünglichen Position des Massengrabes immer wieder Steine abgelegt worden sein.

Die genaue Lage des Massengrabs ist aufgrund der vagen Datengrundlage und dem Fehlen von Fotomaterial des ursprünglichen Standorts, schwer zu bestimmen. Die Georeferenzierung des von der Gemeinde Rechnitz an die BH Oberwart übermittelten Lageplans verortet das Massengrab auf einem Grundstück, das heute im Eigentum von Dietmar Lindau steht (siehe **Abbildung 30**). An dieser Stelle im Jahr 2021 durchgeführte Grabungen haben jedoch keine Hinweise auf ein Massengrab gebracht. Daher wurden im Rahmen des Projektes GEOHAB alternative Ansätze für die Rekonstruktion der Lage des Massengrabes angewendet.

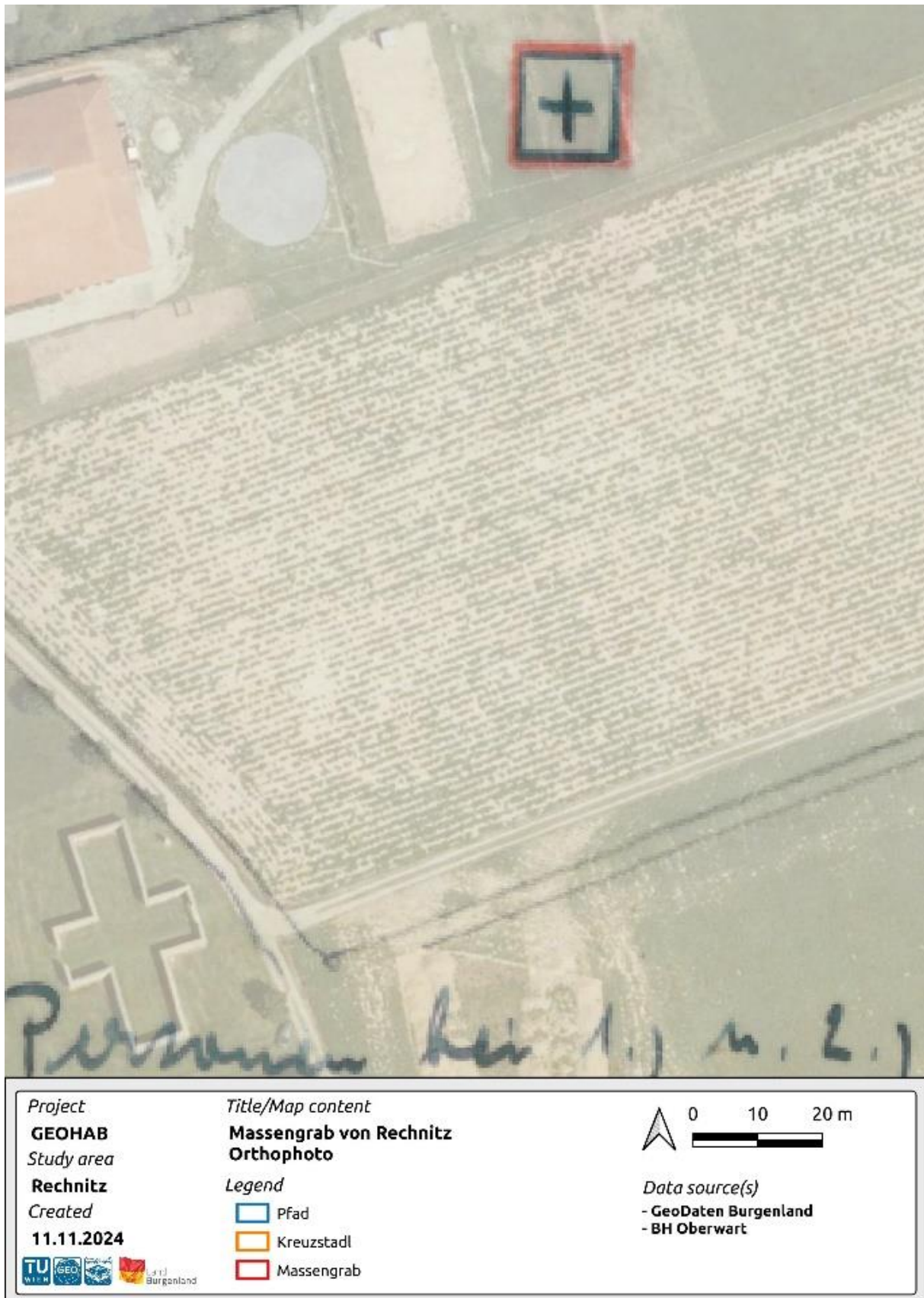


Abbildung 30. Georeferenzierter Lageplan des Massengrabes aus den Unterlagen der BH Oberwart.



Abbildung 31. Georeferenziertes Luftbild aufgenommen im Jahr 1958 mit dem vom Kreuzstahl wegführenden Pfad.

7.1 Analyse historischer Luftbilder

Unter Berücksichtigung der existierenden Hinweise auf das Massengrab hinsichtlich Lage und Zeitraum, in dem die oberirdischen Strukturen in der Landschaft sichtbar waren, stellen die Luftbilder aus dem Jahr 1958 die wichtigste Informationsquelle dar, um die Lage des Massengrabes zu rekonstruieren. Insbesondere ein auf diesen Luftbildern erkennbarer Pfad, der vom Kreuzstadl in nordöstlicher Richtung verläuft, könnte ein entscheidender Anhaltspunkt für den Standort des Massengrabes sein (siehe **Abbildung 31**). Jedoch sind in dieser Darstellung des Graustufen-Luftbildes in der Umgebung des Pfades unmittelbar keine Strukturen zu erkennen, die mit dem Massengrab in Verbindung stehen könnten.

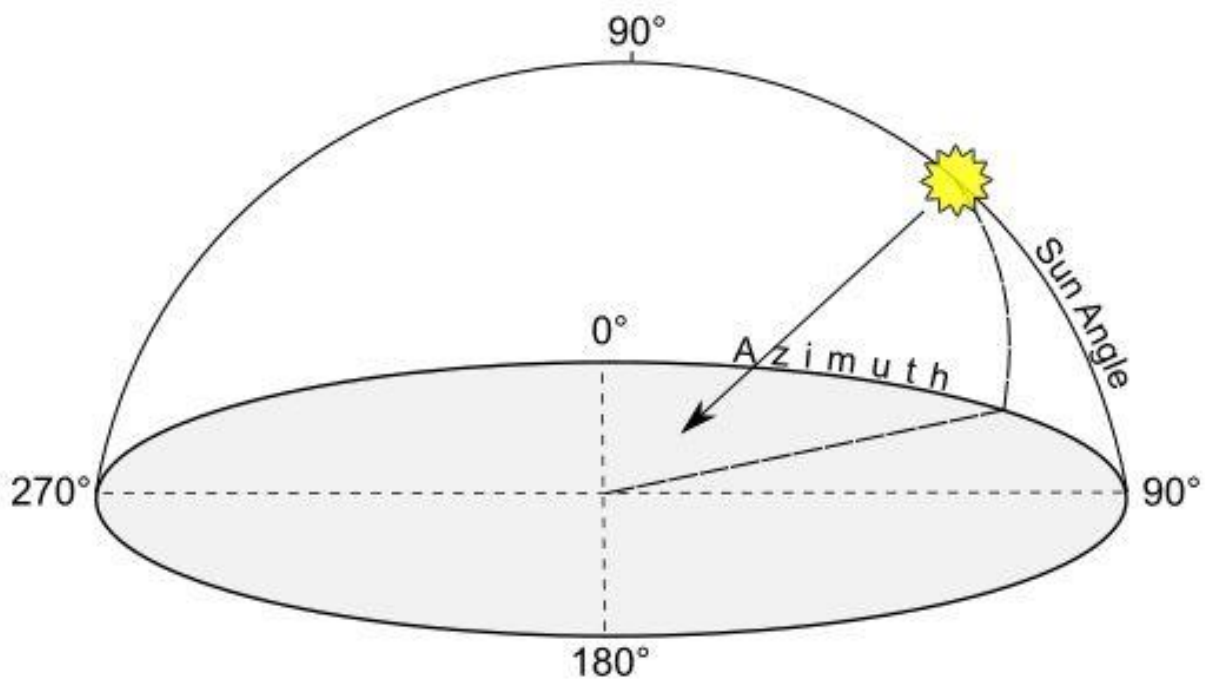


Abbildung 32. Illustrative Darstellung einer virtuellen Lichtquelle mit bestimmtem Azimut und bestimmter Elevation wie sie für das Hillshading verwendet wird (Quelle: <https://landscapearchaeology.org/2020/hillshade/>).

Daher wurden Methoden, z.B. Hillshading, angewendet, die es erlauben den vollen potentiellen Informationsgehalt der Luftbilder zu erschließen. Hillshading, auch Schummerung genannt, ist eine Technik der Geländedarstellung, bei der eine virtuelle Lichtquelle verwendet wird (siehe **Abbildung 32**), um Höhenunterschiede und topografische Strukturen sichtbar zu machen. Durch die Simulation von Licht und Schatten kann der Reflexionsgrad für einzelne Pixel berechnet wodurch Hügel, Täler und andere Geländeformen betont werden (siehe **Abbildung 33**).

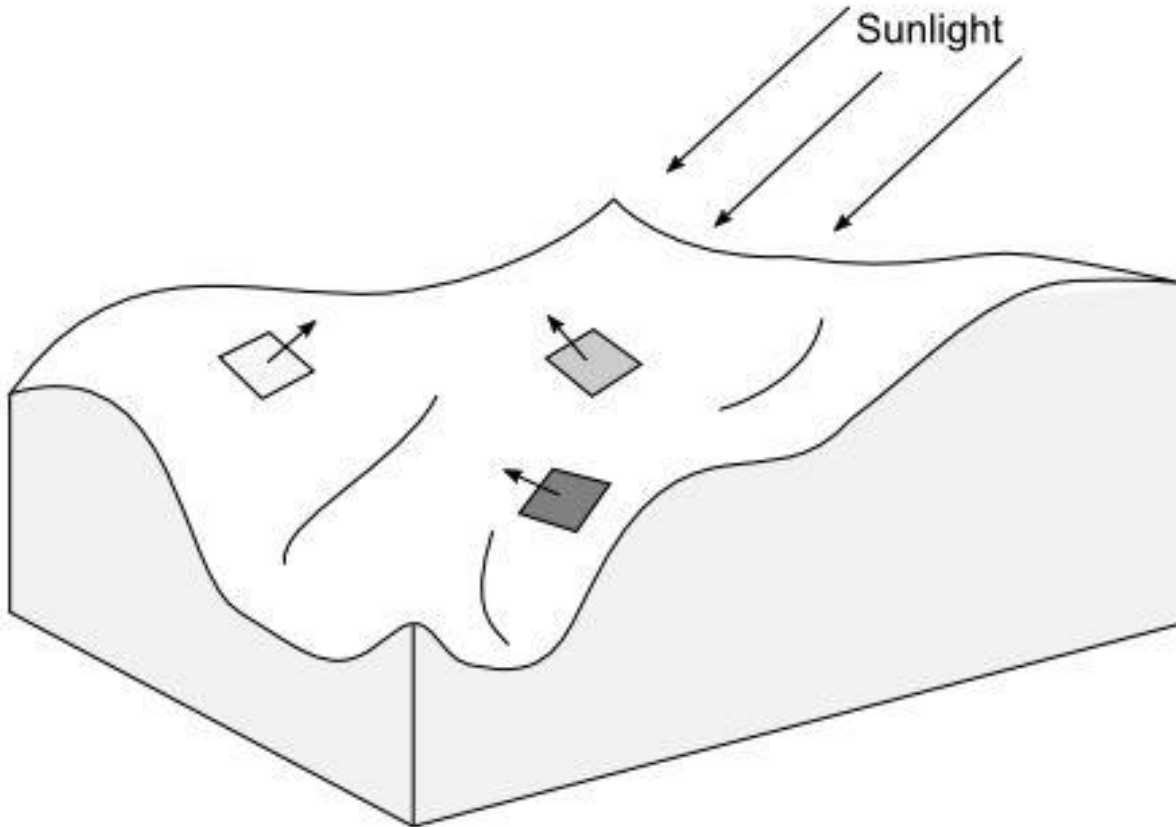


Abbildung 33. Grafische Darstellung des Reflexionsgrades unterschiedlicher Geländepunkte (durch Grautöne angedeutet) in Abhängigkeit vom Einfallswinkel der von der virtuellen Lichtquelle ausgehenden Beleuchtung (<https://landscapearchaeology.org/2020/hillshade/>).

Für die Analyse des Luftbildes aus dem Jahr 1958 wurde für die künstliche Lichtquelle ein Azimut von 135° und eine Elevation von 45° festgelegt, um die in **Abbildung 34** dargestellte Schummerung der Luftbilddaten zu erhalten. In diesem Hillshading ist der bereits identifizierte Pfad als eindeutige Struktur zu erkennen und auch die Wände des im Luftbild sichtbaren Kreuzstadls sind deutlich hervorgehoben. Am nordöstlichen Ende des Pfades konnte eine rechteckige Struktur identifiziert werden, die sich im Vergleich zum Kreuzstadl jedoch nur schwach von der Umgebung abhebt (siehe **Abbildung 35**). Die Struktur ist schwer zu erkennen, da sie sich im Vergleich zu markanten Bauwerken wie dem Kreuzstadl, einem großen Gebäude mit hohen, massiven Mauern, kaum von ihrer Umgebung abhebt. Während der Kreuzstadl auf Luftbildern und im Hillshade eine klare Signatur hinterlässt, fügt sich das vermeintliche Massengrab in einem unbestellten Feld weitgehend unauffällig in die Landschaft ein. Auch der Holzzaun, der Lage des Massengrabes einst kennzeichnete, war nicht geeignet, eine deutliche Signatur im Luftbild und damit im Hillshade zu erzeugen. Dennoch stimmen die im Hillshade sichtbaren Lage und Dimensionen der identifizierten Struktur von etwa 5×5 m weitgehend mit den Beschreibungen in den verfügbaren Dokumenten und Quellen überein, wodurch die Lokalisierung sowohl vom naturwissenschaftlich-technischen als auch vom historisch-geisteswissenschaftlichen Standpunkt her plausibel macht.

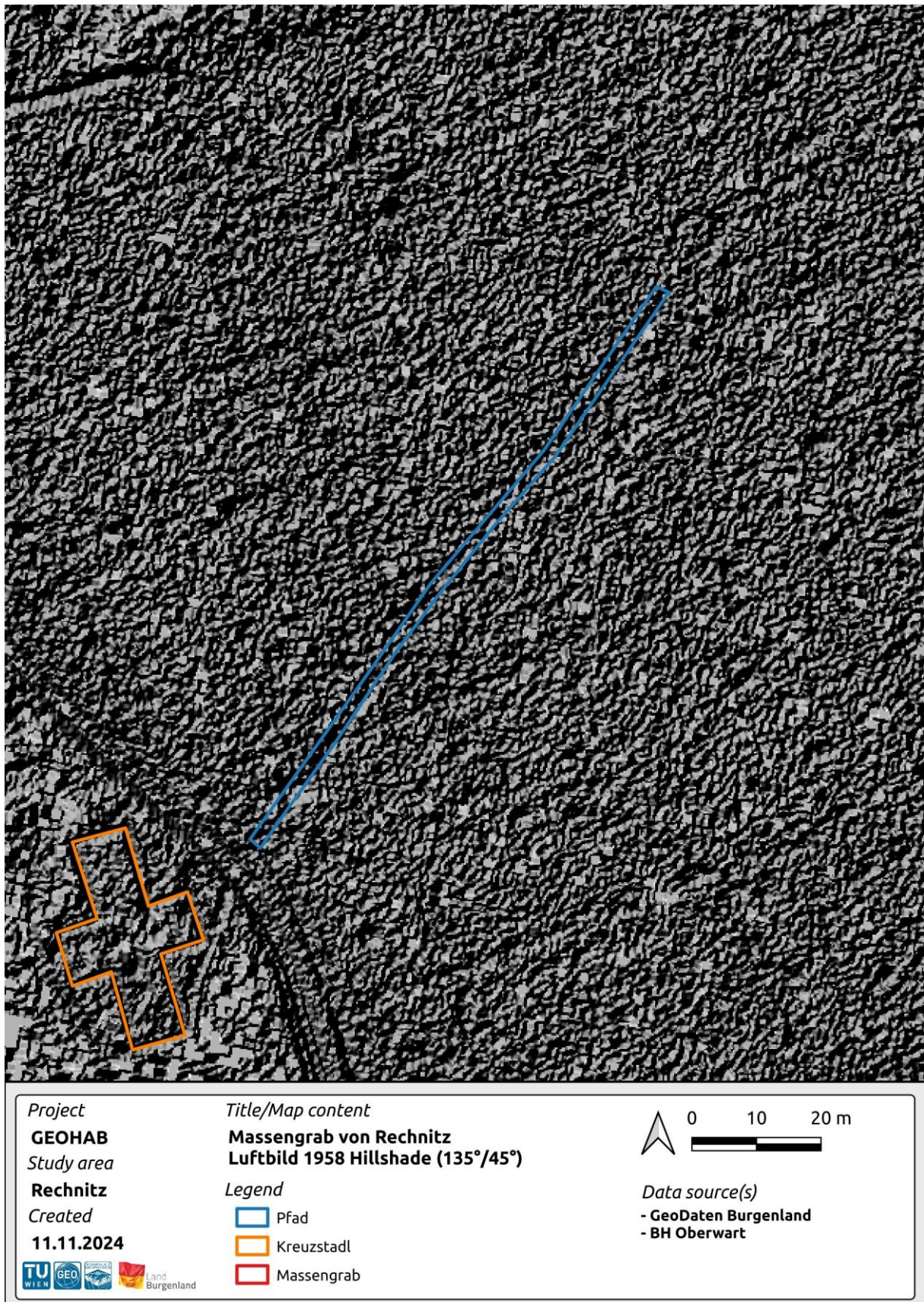


Abbildung 34. Hillshading des Luftbildes aus dem Jahr 1958 mit Kennzeichnung der von Kreuzstadl und Pfad stammenden Strukturen.

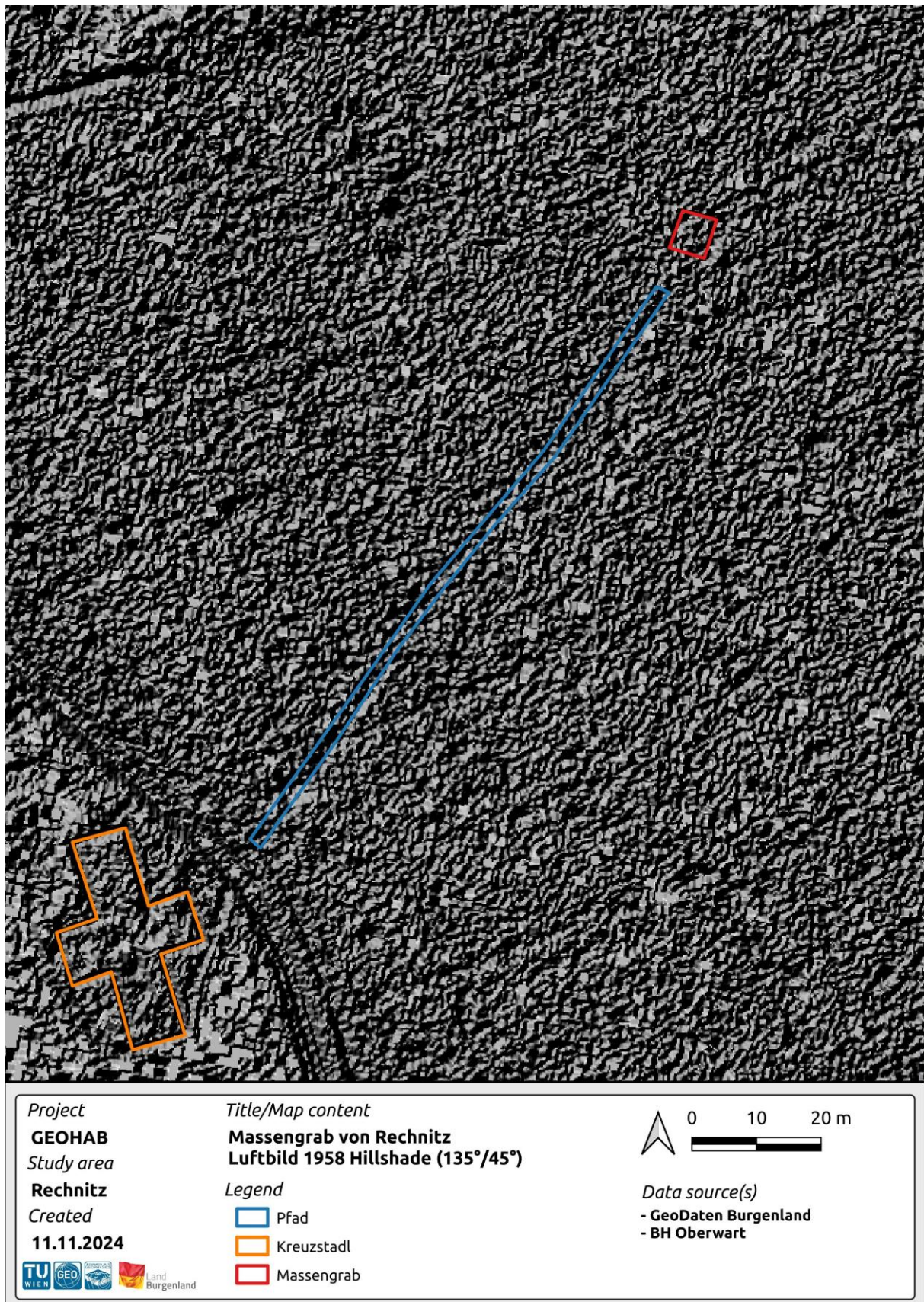


Abbildung 35. Hillshading des Luftbildes aus dem Jahr 1958 mit Kennzeichnung der von Kreuzstadl, Pfad und der vermeintlichen Position des Massengrabes stammenden Strukturen.

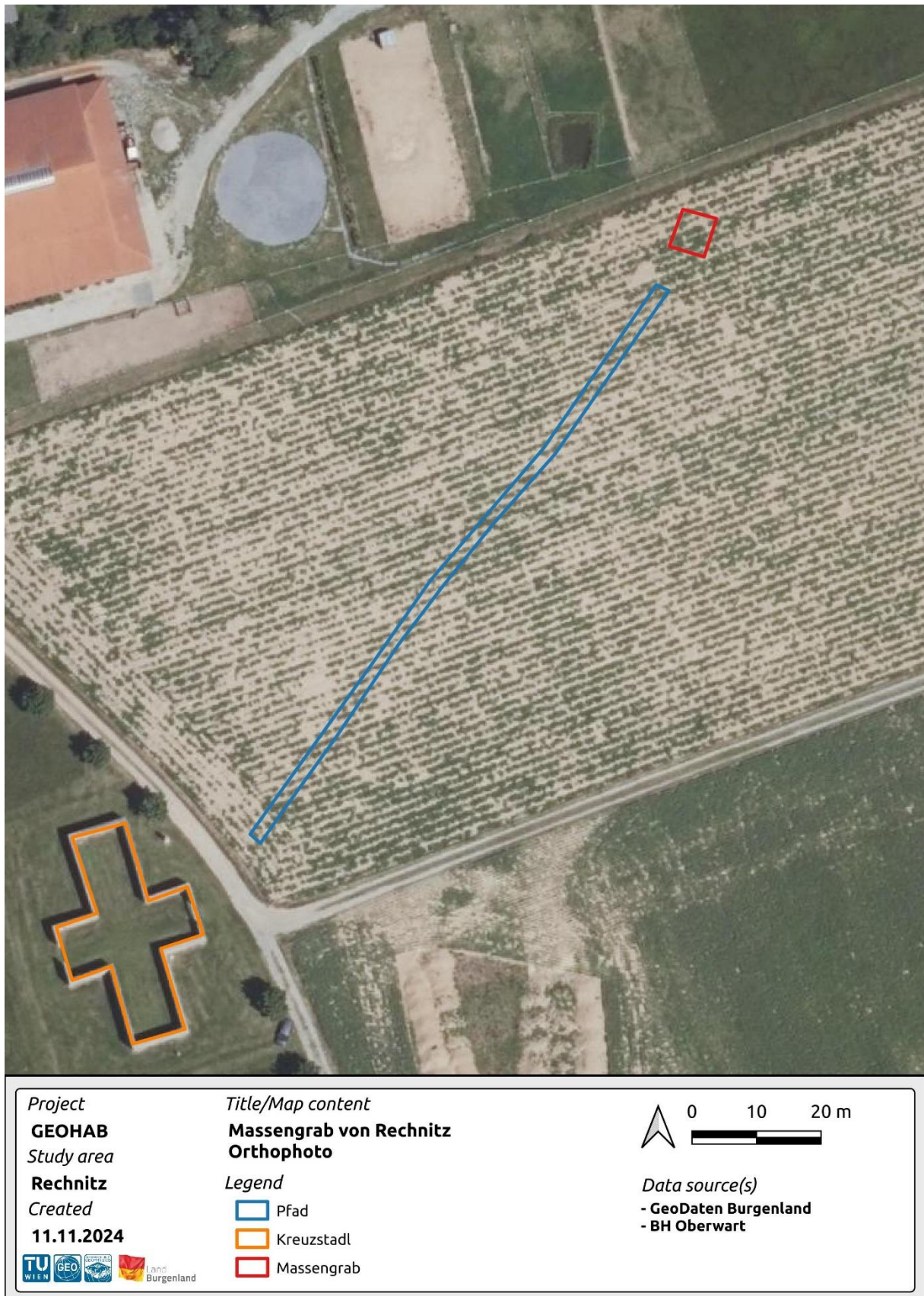


Abbildung 36. Aktuelles Orthophoto der Umgebung der Flächen nordöstlich des Kreuzstadls mit der rekonstruierten Lage des vermeintlichen Massengrabes.

7.2 Geophysikalische Prospektion der neu definierten Verdachtsfläche

Die Ergebnisse unserer geophysikalischen Untersuchungen wurden im Rahmen eines eigenständigen Prospektionsberichts zusammengefasst und dem Bundesdenkmalamt übermittelt. Im vorliegenden Endbericht werden die wesentlichen Inhalte dieses Prospektionsberichts integriert, um eine vollständige und nachvollziehbare Darstellung der im Projektverlauf durchgeführten Arbeiten sowie der daraus gewonnenen Erkenntnisse zu gewährleisten.

7.2.1 Übersicht der Maßnahme

Bundesland/Verwaltungsbezirk: Burgenland/Oberwart

KG und OG: Rechnitz, Rechnitz

Maßnahmennummer | Maßnahmenbezeichnung | betroffene Grundstücke (vollständige Auflistung): 34062.25.02 | Prospektion Rechnitz Kreuzstadl 2025 | 8819/53 (EZ 1057), 8819/54 (EZ 3017)

Anlass der Maßnahme: Geophysikalische Prospektion einer luftbildbasierten Verdachtsfläche im Umfeld des Kreuzstadls in Rechnitz

Bewilligungsinhaber:in: Land Burgenland, Abteilung 7 – Bildung, Kunst und Wissenschaft

Leitung der Maßnahme: TU Wien

Dauer der Maßnahme: 22.03.2025

Am 22.03.2025 führten Dr. Matthias Steiner und Prof. Dr. Adrián Flores Orozco vom Forschungsbereich Geophysik der TU Wien im Rahmen des Projekts GEOHAB geophysikalische Untersuchungen auf der Parzelle 8819/54 in Rechnitz durch. Ausgangspunkt der Untersuchungen war die Analyse historischer Luftbilder, insbesondere eines Luftbilds aus dem Jahr 1958. Durch die Anwendung von Bildverarbeitungstechniken wie der Schummerung konnten bislang unbekannte Strukturen sichtbar gemacht werden – darunter ein vom Kreuzstadl ausgehender Pfad sowie eine geometrische Struktur am Ende dieses Pfades. Diese Hinweise führten zur erstmaligen datenbasierten Identifikation einer konkreten Verdachtsfläche im Zusammenhang mit dem Massaker von Rechnitz. Frühere magnetische Untersuchungen durch das LBI ArchPro hatten in diesem Bereich keine signifikanten Anomalien erkennen lassen, jedoch zeigte sich, dass die Verdachtsfläche am Rand einer bekannten Kreisgrabenanlage liegt. Die durch die TU Wien ermittelten Lageinformationen dieser Anlage flossen direkt in die Planung und Interpretation der aktuellen Messungen ein. Zum Einsatz kam die Methode der induzierten Polarisation (IP), die sich besonders zur Identifikation von Bereichen mit verändertem Bodenmaterial eignet. Es wurden Messungen entlang von insgesamt 17 Messprofilen durchgeführt – vier davon mit einem Elektrodenabstand von 0,5 m und dreizehn mit 0,25 m. Die resultierenden 3D-Modelle zeigen eine klar abgrenzbare, elektrisch leitfähige Anomalie in Tiefen von mehr als 1.25 m, die in etwa 2 m Tiefe ihre größte Ausdehnung erreicht. Diese Anomalie deckt sich in ihrer Lage mit der durch die Luftbildanalyse identifizierten Struktur. Die IP-Daten belegen zusätzlich eine starke

Polarisierbarkeit des Bodens in diesem Bereich – ein Hinweis auf das Vorhandensein organischen Materials. Vergleichbare Signaturen wurden in anderen Studien mit hohem Gehalt an organischem Kohlenstoff assoziiert, wie sie typischerweise in Gräbern vorkommen. Im Vergleich zu anderen geophysikalischen Methoden, etwa der Magnetik, erwies sich die IP-Methode als deutlich sensitiver gegenüber der vermuteten Struktur. Die Ergebnisse der Prospektion stellen somit den ersten naturwissenschaftlich reproduzierbaren Nachweis einer Verdachtsfläche in diesem Areal dar und stützen die Hypothese, dass es sich bei der identifizierten Anomalie um ein mögliches Grab handeln könnte.

7.2.2 Verlauf der Maßnahme

Im Rahmen der geophysikalischen Untersuchungen wurden Messungen mit der Induzierten Polarisation (IP) auf der identifizierten Verdachtsfläche durchgeführt. Um eine umfassende hochauflösende geophysikalische Charakterisierung des Untergrundes zu ermöglichen wurden Daten entlang von insgesamt 17 Messprofile erhoben – vier davon mit einem Elektrodenabstand von 0,5 m und dreizehn mit 0,25 m. Die Messungen wurden gezielt so konzipiert, dass eine Erkundungstiefe von ca. 2,5 m erreicht wird, da dies der Tiefe möglicher Massengräber im Zusammenhang mit dem Massaker von Rechnitz entspricht. Diese Anordnung gewährleistete eine detaillierte Erfassung der elektrischen Eigenschaften des Untergrundes und erlaubte eine flächenhafte Analyse potenzieller Strukturen, die auf das Vorhandensein nicht mehr markierter Gräber hinweisen könnten.

7.2.3 Topographie und Bodenverhältnisse

Der Prospektionsbereich liegt in Hanglage mit Ausrichtung nach Nordosten, weist darüber hinaus jedoch keine nennenswerten topographischen Besonderheiten auf. Zum Zeitpunkt der Untersuchung war der Boden mit den jungen Trieben der auf dem Acker angebauten Feldfrüchte bewachsen.

7.2.4 Beschreibung der Ergebnisse

Die resultierenden 3D-Modelle offenbaren eine klar abgegrenzte, elektrisch leitfähige Anomalie in Tiefen ab etwa 1,25 m, deren maximale Ausdehnung bei circa 2 m erreicht wird. Diese Anomalie korrespondiert räumlich mit der zuvor durch Luftbildanalysen identifizierten Struktur und stellt somit einen relevanten Hinweis auf eine potenzielle Fundstelle dar.

Die Induzierte Polarisation (IP)-Daten zeigen zudem eine deutlich erhöhte Polarisierbarkeit des Bodens im Bereich der Anomalie (siehe **Abbildung 37**). Dies deutet auf das Vorhandensein von organischem Material hin, welches in vergleichbaren geophysikalischen Untersuchungen häufig mit hohen Konzentrationen organischen Kohlenstoffs assoziiert wird – ein typisches Merkmal von Gräbern oder anderen anthropogenen Strukturen. Im direkten Vergleich zu anderen geophysikalischen Verfahren, insbesondere der Magnetik, weist die IP-Methode eine signifikant höhere Sensitivität gegenüber der vermuteten Struktur auf. Diese erhöhte

Empfindlichkeit ermöglichte eine präzisere Abgrenzung der Anomalie und liefert somit belastbare naturwissenschaftliche Evidenz für die Existenz der Verdachtsfläche. Die Untersuchungsergebnisse stellen somit den ersten reproduzierbaren geophysikalischen Nachweis einer Verdachtsfläche innerhalb des untersuchten Areals dar und untermauern die Annahme, dass die erfasste Anomalie mit hoher Wahrscheinlichkeit auf ein bisher nicht dokumentiertes Grab hindeutet. Weiterführende Untersuchungen und eine interdisziplinäre Betrachtung der Daten werden empfohlen, um die Hypothese abschließend zu bestätigen und zusätzliche Informationen zur Beschaffenheit und Ausdehnung der Struktur zu gewinnen.

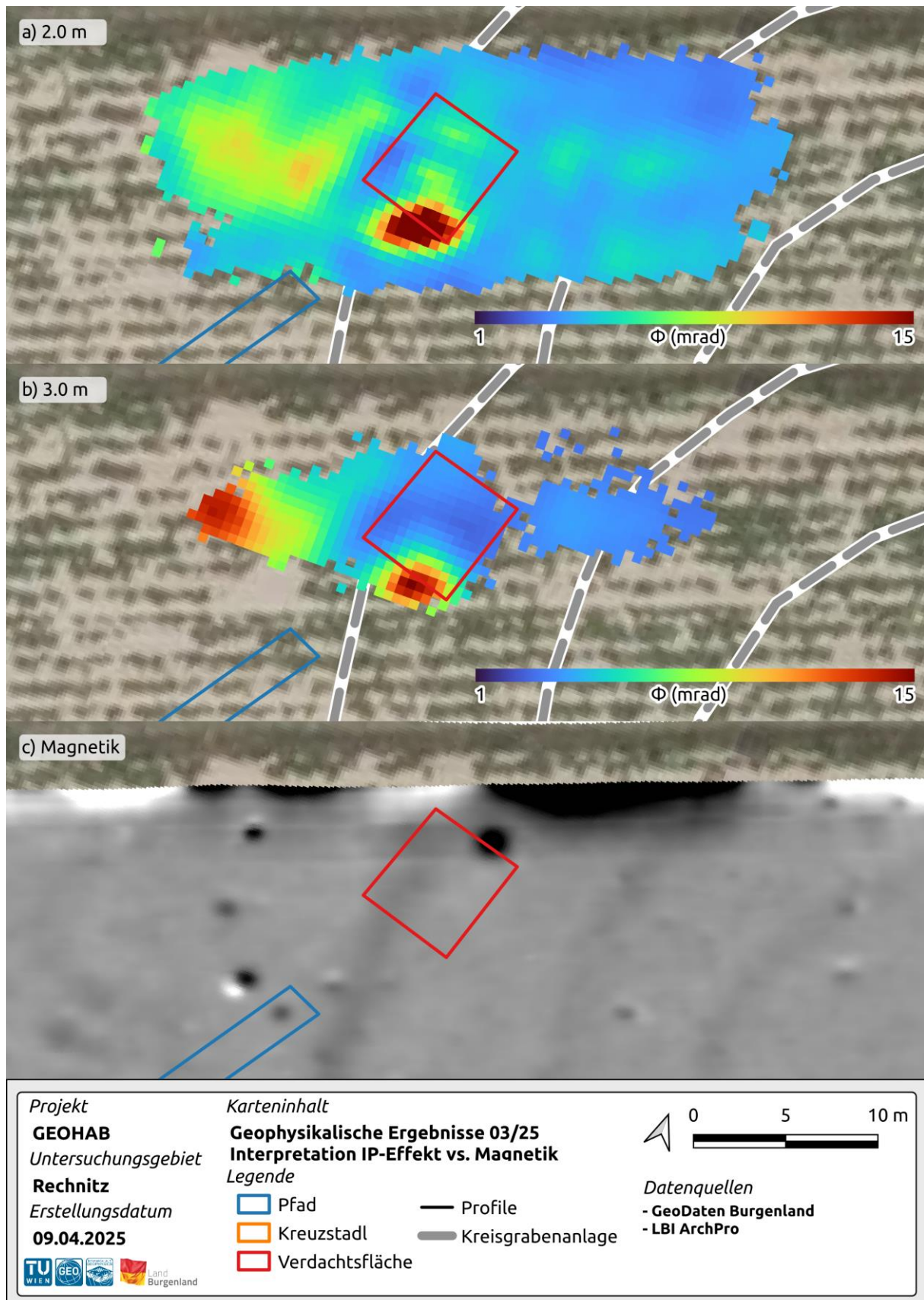


Abbildung 37. Tiefenschnitte durch das 3D-Modell des IP-Effekts in 2 m und 3 m Tiefe sowie die entsprechende Magnetikkartierung im selben Untersuchungsbereich.

8 Geophysikalische Untersuchungen auf dem jüdischen Friedhof von Rechnitz

Im Rahmen des Projekts GEOHAB wurden geophysikalische Untersuchungen auf dem jüdischen Friedhof von Rechnitz durchgeführt, um nicht mehr markierte Gräber zu lokalisieren. Diese Arbeiten sind von besonderer Bedeutung, da im Falle einer Entdeckung des Massengrabs oder anderer Gräber außerhalb des Friedhofs die sterblichen Überreste ordnungsgemäß auf dem jüdischen Friedhof bestattet werden sollen. Um dies unter Einhaltung der Totenruhe zu ermöglichen, ist es essenziell, Freiflächen auf dem Friedhofsareal zu identifizieren, die keine bestehenden Gräber enthalten.

8.1 Entwicklung neuer Strategien für die archäologische geophysikalische Untersuchung

Eine besondere Herausforderung bei geophysikalischen Untersuchungen auf jüdischen Friedhöfen ergibt sich aus der religiösen Vorgabe, dass keine Eingriffe in den Untergrund erfolgen dürfen. Dies schließt die Verwendung von konventionellen Metallsonden für IP-Messungen aus, da diese üblicherweise in den Boden eingetrieben werden. Um dennoch Messungen durchführen zu können, wurde eine alternative Elektrodenlösung entwickelt: sogenannte Textilelektroden. Diese bestehen aus einem leitfähigen Textil, das ein beschwertes Element – in diesem Fall einen kleinen Sandsack – umschließt (siehe **Abbildung 38**). Für die Injektion des elektrischen Stroms in den Untergrund wurde die oberste Vegetationsschicht (Grasnarbe) temporär entfernt, die Textilelektrode auf die Bodenoberfläche gelegt und anschließend mit Wasser befeuchtet. Dadurch konnte ein ausreichender galvanischer Kontakt zum Untergrund hergestellt werden, ohne dass feste Sonden oder andere Fremdkörper in den Boden eingebracht werden mussten. Dieses Verfahren ermöglichte die Durchführung der IP-Messungen unter Einhaltung der religiösen und ethischen Vorgaben. Mit der Entwicklung der Textilelektroden wurde eine Messmethode etabliert, die auch für zukünftige geophysikalische Untersuchungen auf jüdischen Friedhöfen oder anderen sensiblen Arealen Anwendung finden kann.

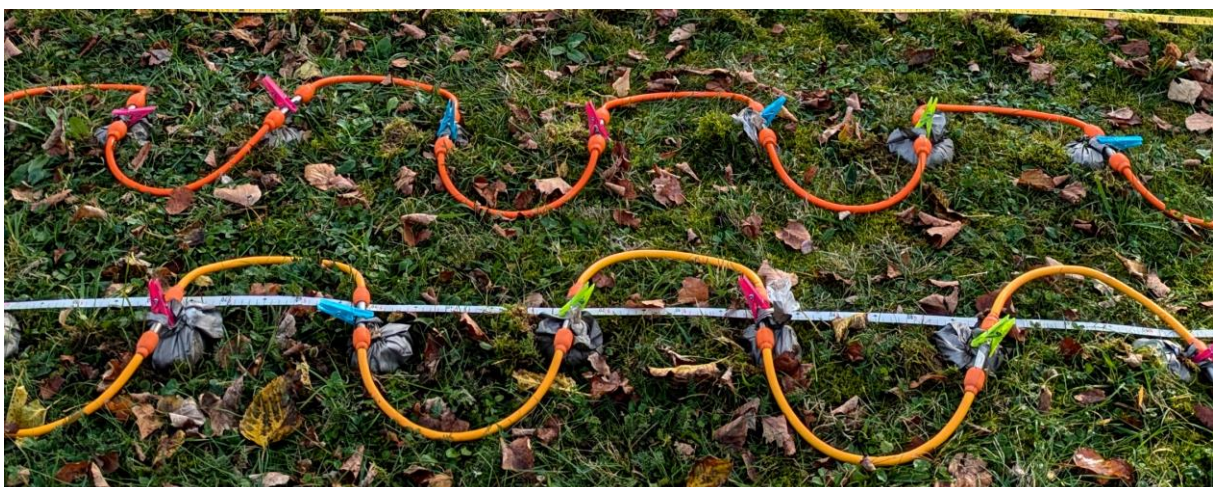


Abbildung 38. Aufnahme der speziell entwickelten Textilelektroden beim Messeinsatz auf dem jüdischen Friedhof von Rechnitz.



Abbildung 39. Untersuchung einer der beiden Freiflächen auf dem jüdischen Friedhof von Rechnitz mittels der IP-Methode, mit dem Ziel etwaige existierende Gräber zu identifizieren und zu lokalisieren.

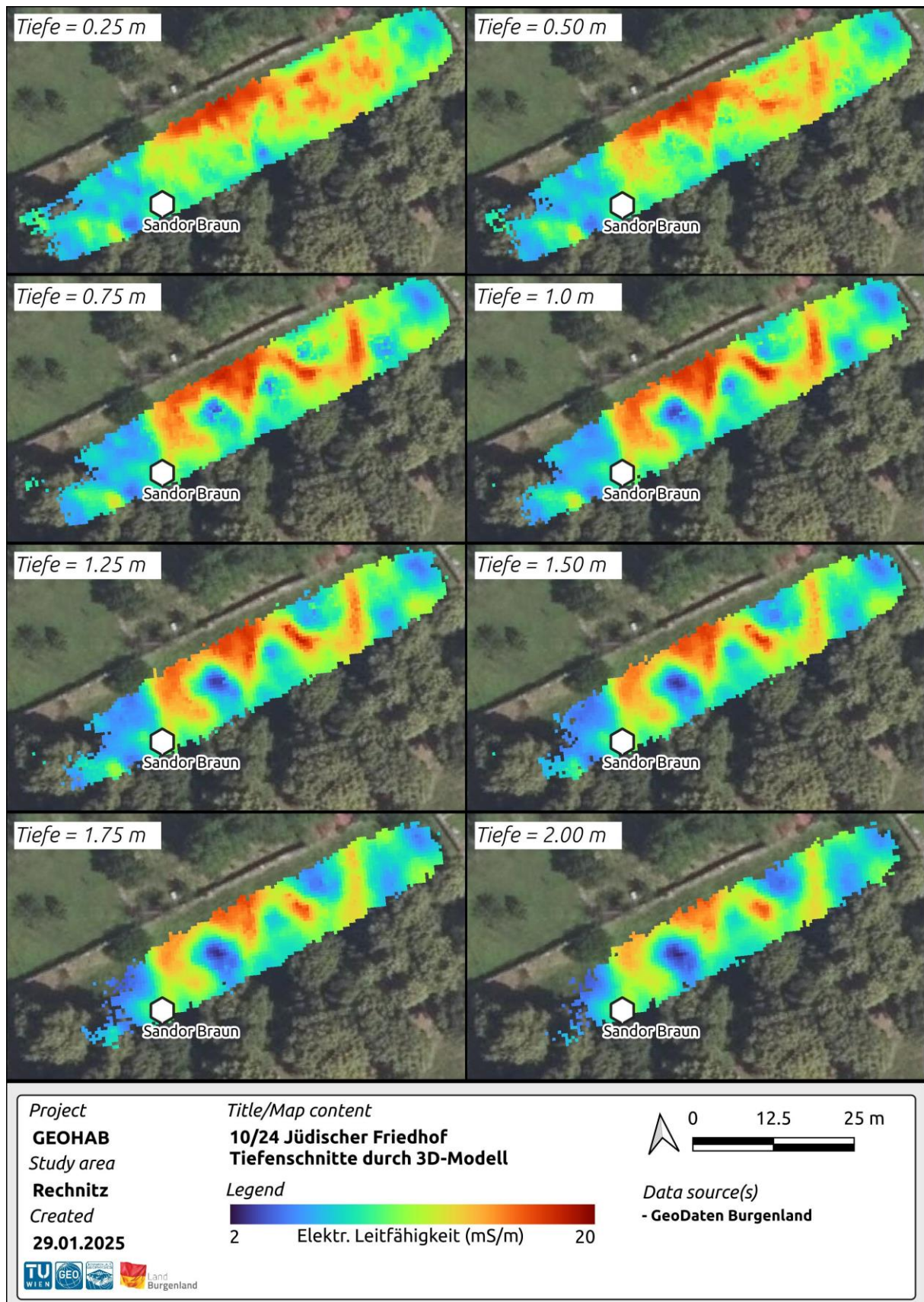


Abbildung 40. Schnitte in 0.25 bis 2.0 m Tiefe in 0.25 m Schritten parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der elektrischen Leitfähigkeit. Das sechseckige Symbol kennzeichnet die Grabstelle (Aufstellungsort des Grabsteins) von Sandor Braun.

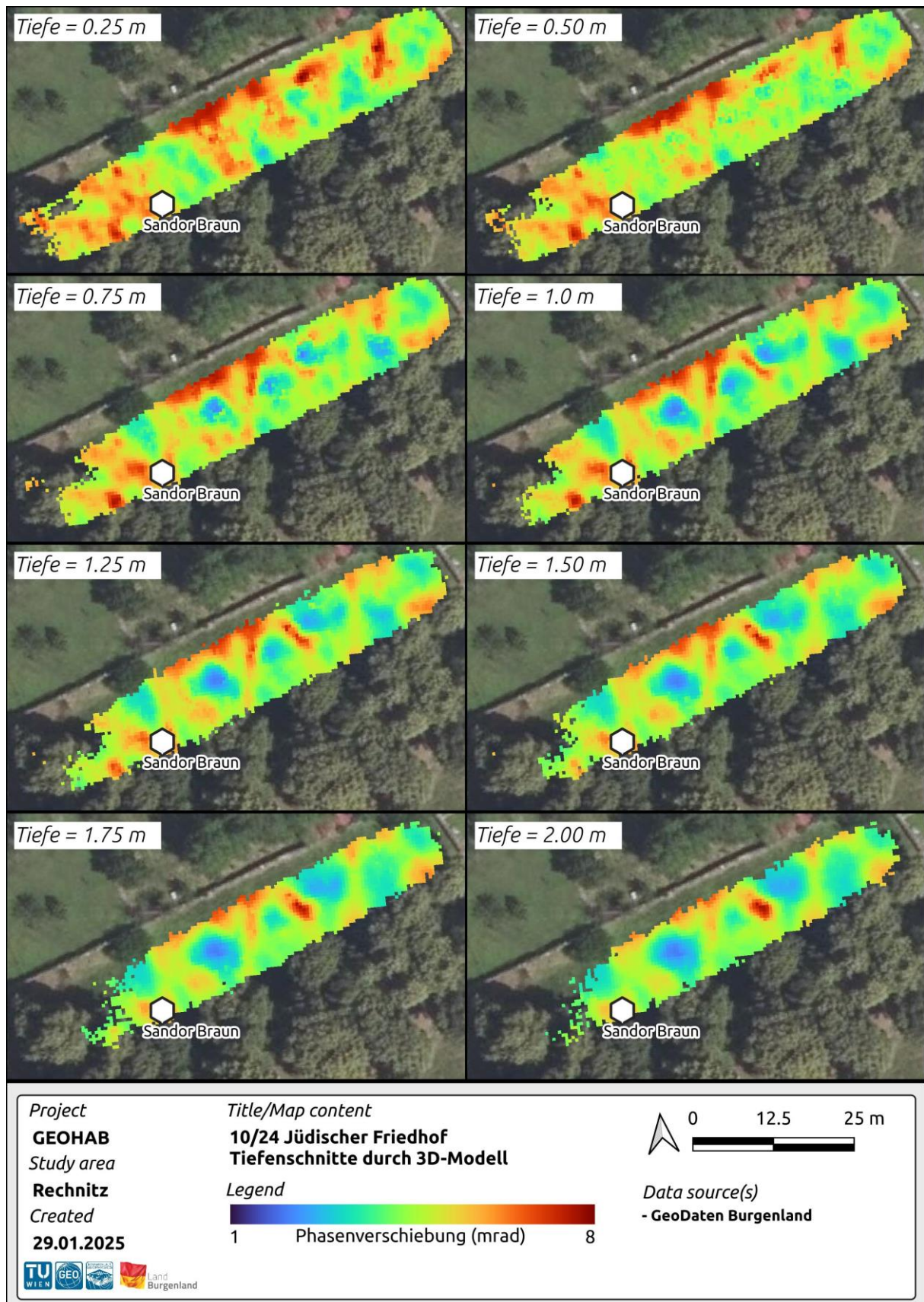


Abbildung 41. Schnitte in 0.25 bis 2.0 m Tiefe in 0.25 m Schritten parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der Phasenverschiebung. Das sechseckige Symbol kennzeichnet die Grabstelle (Aufstellungsort des Grabsteins) von Sandor Braun.

8.2 Großskalige Charakterisierung von Eigenschaften und Strukturen im Untergrund

Um eine umfassende geophysikalische Charakterisierung des Untergrundes zu ermöglichen, wurde auf einer der beiden größeren Freiflächen des Friedhofs eine großflächige Kartierung mit der Methode der Induzierten Polarisation (IP) durchgeführt. Dabei wurden insgesamt acht Messprofile angelegt, entlang derer jeweils 72 Elektroden in einem gleichmäßigen Abstand von 1 m positioniert wurden (siehe **Abbildung 39**). Die Messungen wurden gezielt so konzipiert, dass eine Erkundungstiefe von ca. 2 m erreicht wird, da in dieser Tiefe das Vorhandensein von Gräbern zu erwarten ist. Diese Anordnung gewährleistete eine detaillierte Erfassung der elektrischen Eigenschaften des Untergrundes und erlaubte eine flächenhafte Analyse potenzieller Strukturen, die auf das Vorhandensein nicht mehr markierter Gräber hinweisen könnten.

Die entlang der Profile gemessenen 2D-Datensätze wurden für die Inversion kombiniert, um für 3D-Modelle der elektrischen Leitfähigkeit und der Phasenverschiebung im Untergrund zu lösen. Da das Ziel die Identifizierung von großräumigen Strukturen sowohl natürlichen als auch menschlichen Ursprungs ist, sind die 3D-Inversionsergebnisse in Form von Tiefenschnitten dargestellt, wobei in 25-cm-Schritten bis zu einer Tiefe von 2 m vorgegangen wurde. Die Analyse der elektrischen Leitfähigkeit (**Abbildung 40**) zeigte keine auffälligen geometrischen Strukturen oder Muster, die auf menschlichen Ursprung hinweisen könnten. Stattdessen deuten die Ergebnisse auf abgelagerte feinkörnige Sedimente hin, die durch eine erhöhte elektrische Leitfähigkeit (>15 mS/m) gekennzeichnet sind. Diese geologischen Ablagerungen sind natürlichen Ursprungs und stellen keine Anomalien dar, die in Zusammenhang mit nicht markierten Grabstellen stehen. Im Modell der Phasenverschiebung (**Abbildung 41**) konnten interessante Strukturen identifiziert werden, die durch einen Wechsel von niedrigen (<3 mrad) und erhöhten Werten (>7 mrad) gekennzeichnet sind. Diese Strukturen weisen eine geometrische Ausprägung auf, die aufgrund der Abfolge von elliptischen Anomalien, möglicherweise auf die Reste einer ehemaligen Baumreihe hindeutet. Allerdings erfordern diese Hinweise weitere Untersuchungen, insbesondere durch die Auswertung historischer Luftbilder, um eine genauere Deutung zu ermöglichen. Jedenfalls lässt sich auch hier aufgrund der Dimension und der Form ein menschlicher Ursprung der Anomalien ausschließen.

Hinsichtlich der bekannten Grabstelle von Sandor Braun konnten wir weder im Modell der elektrischen Leitfähigkeit noch im Modell der Phasenverschiebung an der exakt verorteten Stelle eine eindeutige Anomalie feststellen. Dies ist insbesondere aufgrund der sehr begrenzten Dimensionen der Grabstelle und der Auflösung der Messungen erklärbar. Der für diese Messungen gewählte Abstand der Elektroden und Profile bedingten eine räumliche Auflösung (sowohl lateral als auch vertikal), die nicht auf die Detektion der Grabstelle konzipiert war. In anderen Worten bedeutet dies, dass die Grabstelle unter die Detektionsgrenze der Messanordnung fällt, wodurch das Fehlen spezifischer geophysikalischer Anomalien an dieser Stelle erklärt werden kann. Dies bedeutet jedoch nicht,

dass die IP nicht in der Lage ist, Grabstellen zu identifizieren, sondern dass die Messanordnung entsprechend auf den Untersuchungsgegenstand angepasst werden muss.

8.3 Detaillierte Untersuchung der Grabstelle „Sandor Braun“

Ergänzend zur großflächigen geophysikalischen Kartierung wurde eine hochauflösende Untersuchung der Grabstelle von Sandor Braun durchgeführt. Grundlage für die Messkampagne war ein historisches Foto aus den frühen 1990er-Jahren, das die Beisetzung der sterblichen Überreste der Toten von Kalch auf dem jüdischen Friedhof von Rechnitz dokumentiert (siehe **Abbildung 42**). Auf diesem Bild ist das Grab im geöffneten Zustand sichtbar, sodass dessen genaue Position in Verbindung mit dem aufgestellten Grabstein eindeutig bestimmt werden konnte. Wie in **Abbildung 43** zu sehen, ermöglichten die vorhandenen Informationen eine präzise Platzierung der IP-Messungen im Bereich der Grabstelle von Sandor Braun. Die Aufnahme des Messaufbaus wurde bewusst aus einer ähnlichen Perspektive wie die historische Fotografie des Begräbnisses angefertigt, um die exakte Lage der Untersuchungen zu veranschaulichen.

Basierend auf diesen Informationen wurde eine gezielte Messkampagne mit der Methode der Induzierten Polarisation (IP) durchgeführt, um die elektrischen Eigenschaften des Untergrundes an der bekannten Grabstelle detailliert zu erfassen. Wie aus **Abbildung 44** ersichtlich, erfolgten die Messungen entlang von insgesamt zehn Profilen: sieben Profile wurden senkrecht zur Längsachse des Grabes angelegt, während drei weitere Profile parallel zum Grabverlauf ausgerichtet waren. Die Querprofile wurden paarweise gemessen, wobei jeweils zwei parallele Linien mit je 36 Elektroden gesetzt wurden. Die drei Längsprofile wurden mit jeweils 72 Elektroden erfasst. Der Elektrodenabstand betrug 0.25 m, um eine besonders hohe Auflösung in der unmittelbaren Umgebung der Grabstelle zu gewährleisten.

Bei der Prozessierung der Daten stellten wir fest, dass die drei Längsprofile eine Vertiefung durchqueren. Mit einer Tiefe von etwa 50 cm ist diese Vertiefung größer als der Elektrodenabstand von 25 cm und muss daher bei der Inversion der Daten berücksichtigt werden. Da derzeit jedoch keine ausreichend hochauflösenden topografischen Informationen vorliegen, wurden diese Profile nicht weiter in die Analyse einbezogen. Für die Inversion der entlang der Querprofile gemessenen Daten kamen sowohl CRTomo als auch pyGIMLi zum Einsatz. Bereits im Rahmen der Untersuchungen am Kreuzstadl zeigte sich, dass beide Inversionsverfahren vergleichbare Ergebnisse liefern. Dennoch wurde der Vergleich mit diesen Daten erneut durchgeführt, insbesondere um zu überprüfen, inwieweit sich die unterschiedliche Auflösung der resultierenden Untergrundmodelle auf die Detektion der Grabstelle von Sandor Braun auswirkt.



Abbildung 42. Begräbnis der Toten von Kalch auf dem jüdischen Friedhof von Rechnitz Anfang der 1990er. Zu sehen sind der Grabstein von Sandor Braun sowie Lage und Orientierung des Grabes.



Abbildung 43. Aufnahme der geophysikalischen Untersuchungen im Bereich der Grabstelle von Sandor Braun auf dem jüdischen Friedhof von Rechnitz. Das Foto wurde aus einer ähnlichen Perspektive wie das historische Foto des Begräbnisses aus den frühen 1990er-Jahren aufgenommen.

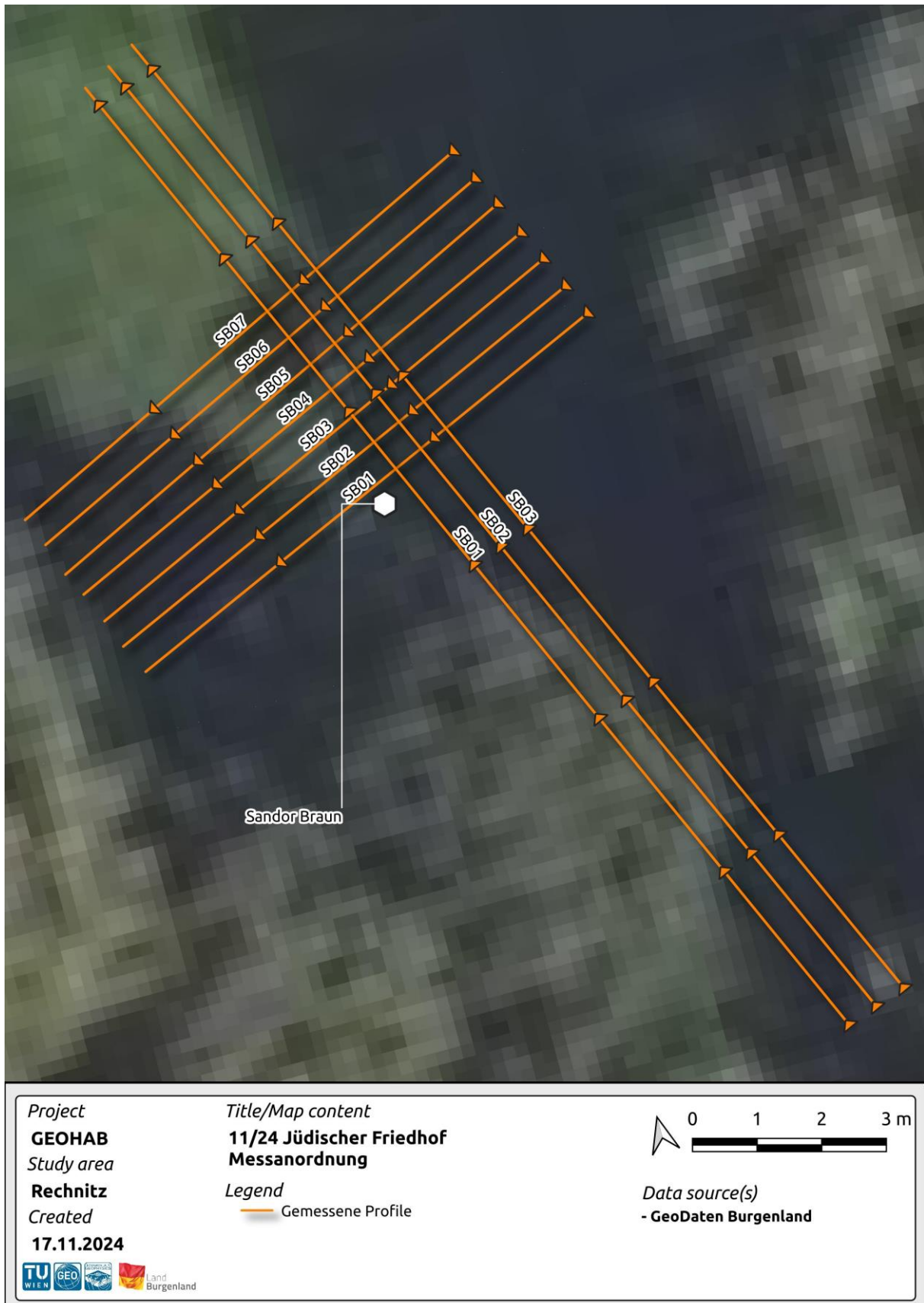


Abbildung 44. Detaillierte IP-Messungen in der unmittelbaren Umgebung der Grabstätte von Sandor Wolf, um die Signaturen einer bekannten Grablege als Referenz zu erhalten.

Die Inversionsergebnisse der mit CRTomo berechneten Modelle (siehe **Abbildung 45**) zeigen, dass die Grabstelle im Modell der elektrischen Leitfähigkeit nur bedingt präzise lokalisiert werden kann. Zwar ist in etwa 4 m entlang der Profilrichtung eine Anomalie sichtbar, jedoch sind deren Dimensionen größer als die tatsächliche Grabstelle. In den Modellen der Phasenverschiebung hingegen lässt sich im Bereich von 3.5 bis 4 m entlang der Profilrichtung eine ausgeprägte Anomalie von ca. 5 mrad erkennen. Diese weist sowohl in ihrer lateralen Ausdehnung als auch in ihrer Mächtigkeit von ca. 75 cm eine hohe Übereinstimmung mit den in **Abbildung 42** erkennbaren Dimensionen der Grabstelle auf.

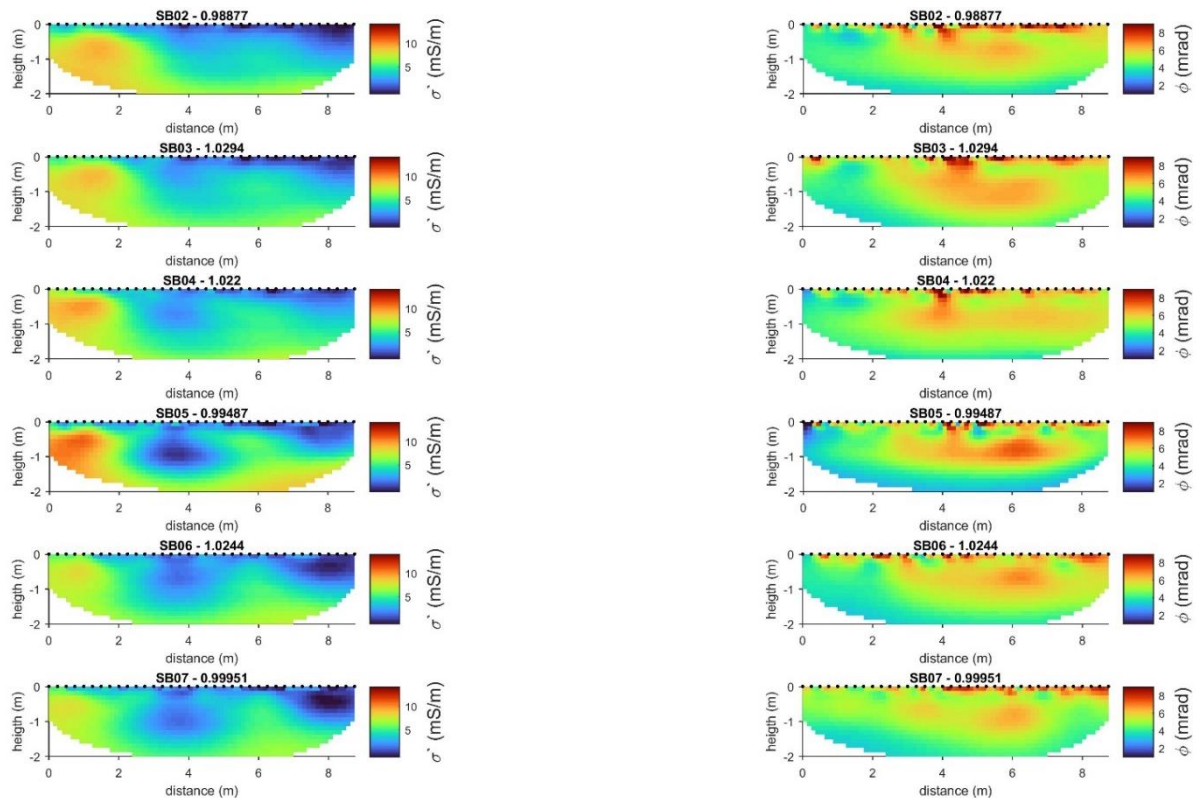


Abbildung 45. Untergrundmodelle der elektrischen Leitfähigkeit und der Phasenverschiebung erhalten durch Inversion der IP-Daten mit CRTomo. Schwarze Punkte an der Oberfläche stellen die Elektrodenpositionen dar.

Die Inversionsergebnisse mit pyGIMLi (**Abbildung 46**) zeigen im Modell der elektrischen Leitfähigkeit, dass die Grabstelle als Anomalie mit einer niedrigen Leitfähigkeit (< 3 mS/m) erkennbar ist. Diese Anomalie befindet sich an der bekannten Position der Grabstelle, weist jedoch größere Dimensionen auf als die tatsächliche Grabstruktur. Ähnlich wie bei CRTomo lässt sich die Grabstelle anhand der Leitfähigkeitsverteilung nur bedingt präzise lokalisieren. Im Modell der Phasenverschiebung zeigt sich hingegen eine deutliche Anomalie mit einer Amplitude von ca. 5 mrad, die sich zwischen 3.5 m und 4 m entlang der Profilrichtung erstreckt. Die Dimensionen dieser Anomalie, einschließlich einer Mächtigkeit von ca. 75 cm, stimmen gut mit den Ausmaßen der Grabstelle überein, wie sie in der Fotografie in **Abbildung 42** sichtbar sind.

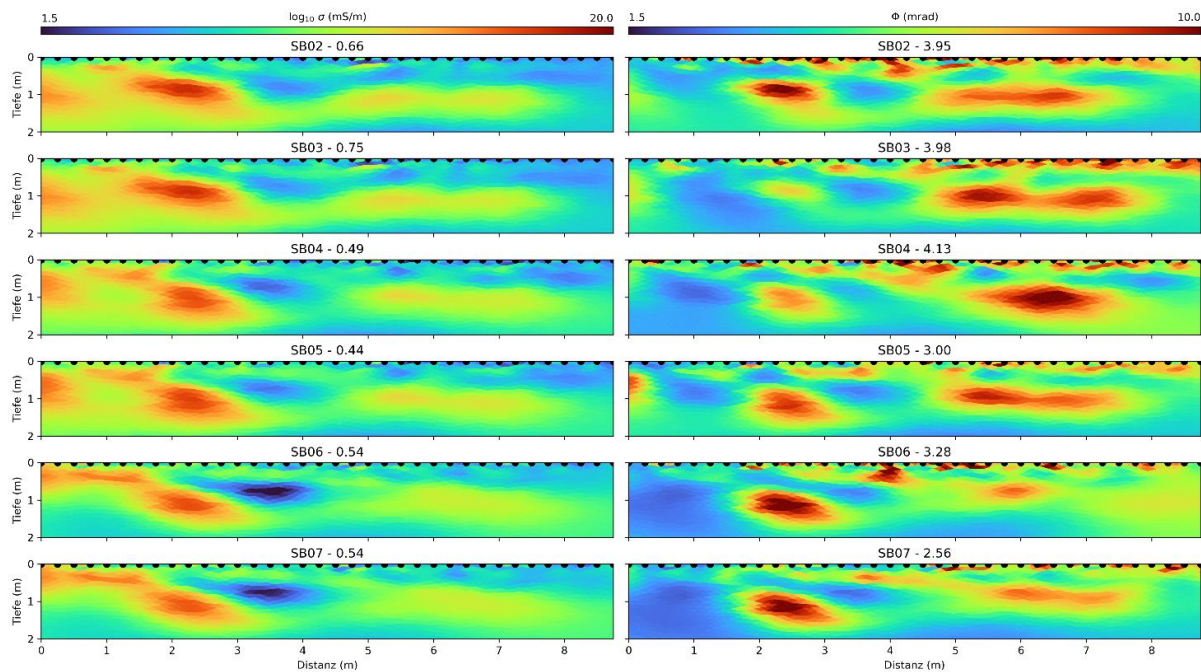


Abbildung 46. Untergrundmodelle der elektrischen Leitfähigkeit und der Phasenverschiebung erhalten durch Inversion der IP-Daten mit pyGIMLi. Schwarze Punkte an der Oberfläche stellen die Elektrodenpositionen dar.

Die gemeinsame Inversion aller Daten wurde wie gewohnt mit pyGIMLi durchgeführt, um 3D-Modelle der elektrischen Leitfähigkeit und der Phasenverschiebung zu berechnen. Zur detaillierten Analyse der Untergrundeigenschaften wurden aus diesen Modellen Tiefenschnitte in 0.25 m, 0.5 m, 0.75 m und 1 m Tiefe extrahiert. Die Tiefenschnitte der elektrischen Leitfähigkeit (siehe **Abbildung 47**) zeigen, dass in den oberflächennahen Schichten zunächst keine eindeutigen Anomalien erkennbar sind, die mit der Grabstelle in Verbindung gebracht werden können. Dies ist vermutlich auf die stark heterogenen Eigenschaften und Strukturen in den oberflächennahen Bodenschichten zurückzuführen, die die Detektion erschweren. Ab einer Tiefe von 0.5 m tritt jedoch in unmittelbarer Nähe des Grabsteins von Sandor Braun eine längliche Anomalie mit einer Leitfähigkeit von ca. 3 mS/m auf. Diese Anomalie stimmt in Lage, Form und Orientierung exakt mit der in **Abbildung 42** dokumentierten Grabstelle überein und bleibt auch in den tieferliegenden Schnitten eindeutig sichtbar. Ein Vergleich mit den Tiefenschnitten des Phasenverschiebungsmodells (**Abbildung 48**) zeigt ein ähnliches Bild: Während in 0.25 m Tiefe keine eindeutige Anomalie der Grabstelle identifiziert werden kann, tritt diese in den tieferen Schnitten als klar abgrenzbare Struktur mit einer Phasenverschiebung von ca. 5 mrad hervor.

Unsere Ergebnisse bestätigen, dass die Induzierte Polarisation (IP) ein äußerst effektives Werkzeug zur Identifizierung, Verortung und Vermessung oberflächennaher Grabstrukturen darstellt. Besonders die Phasenverschiebung erweist sich dabei als aussagekräftiger als die Leitfähigkeitsverteilung, da sie eine präzisere Abgrenzung der Grabstelle ermöglicht. Gleichzeitig zeigt sich, dass bei entsprechender Datenqualität die Wahl des Inversionsalgorithmus nur eine untergeordnete Rolle spielt, da mit beiden Ansätzen eine

vergleichbare Rekonstruktion erzielt werden konnte. Entscheidend für den Erfolg der Methode ist eine sorgfältige Konfiguration der Messanordnung, um eine optimale Sensitivität gegenüber der Zielstruktur zu gewährleisten. Damit bestätigt sich, dass die IP-Methode – insbesondere in Kombination mit einer 3D-Inversion der Daten – auch in heterogenen und komplexen Bodenverhältnissen zuverlässige Ergebnisse liefert und somit einen vielversprechenden Ansatz für archäologische und forensische Untersuchungen darstellt. Eine offene Aufgabe für die letzten Monate des Projekts ist die verbesserte 3D-Modellierung der Daten, um die Auflösung der Untergrundmodelle zu verbessern. Das Ziel der dieser Aktivitäten ist es, beide IP-Datensätze, d.h. gemessen mit 1 m und 0.25 m Elektrodenabstand, gemeinsam zu invertieren, um eine großflächige Kartierung mit hoher Auflösung im oberflächennahen Bereich zu erhalten.

8.4 Publikation der Ergebnisse

Die im Zuge der geophysikalischen Untersuchungen auf dem jüdischen Friedhof gewonnenen Resultate zeichnen sich durch eine derart hohe innere Schlüssigkeit und Klarheit in der Interpretation aus, dass sie die Grundlage für ein umfassendes wissenschaftliches Manuskript bilden, das derzeit zur fachlichen Begutachtung (Peer Review) bei der renommierten Fachzeitschrift Remote Sensing (MDPI) eingereicht wurde. Das Manuskript stellt nicht nur die methodische Herangehensweise und die eingesetzten geophysikalischen Verfahren im Detail dar, sondern bietet auch eine differenzierte Analyse und Interpretation der erhobenen Daten im historischen und archäologischen bzw. forensischen Kontext.

Im Falle einer erfolgreichen Begutachtung wird die Publikation im Rahmen des Open-Access-Modells veröffentlicht. Somit werden sämtliche Ergebnisse, Datensätze und Visualisierungen öffentlich zugänglich sein und sowohl der wissenschaftlichen Gemeinschaft als auch interessierten Institutionen und der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen. Die Veröffentlichung soll einen nachhaltigen Beitrag zur Weiterentwicklung geophysikalischer Prospektionsmethoden im sensiblen Umfeld kulturhistorisch bedeutender Stätten leisten und als beispielhafte Fallstudie in einem interdisziplinären Forschungsfeld dienen.

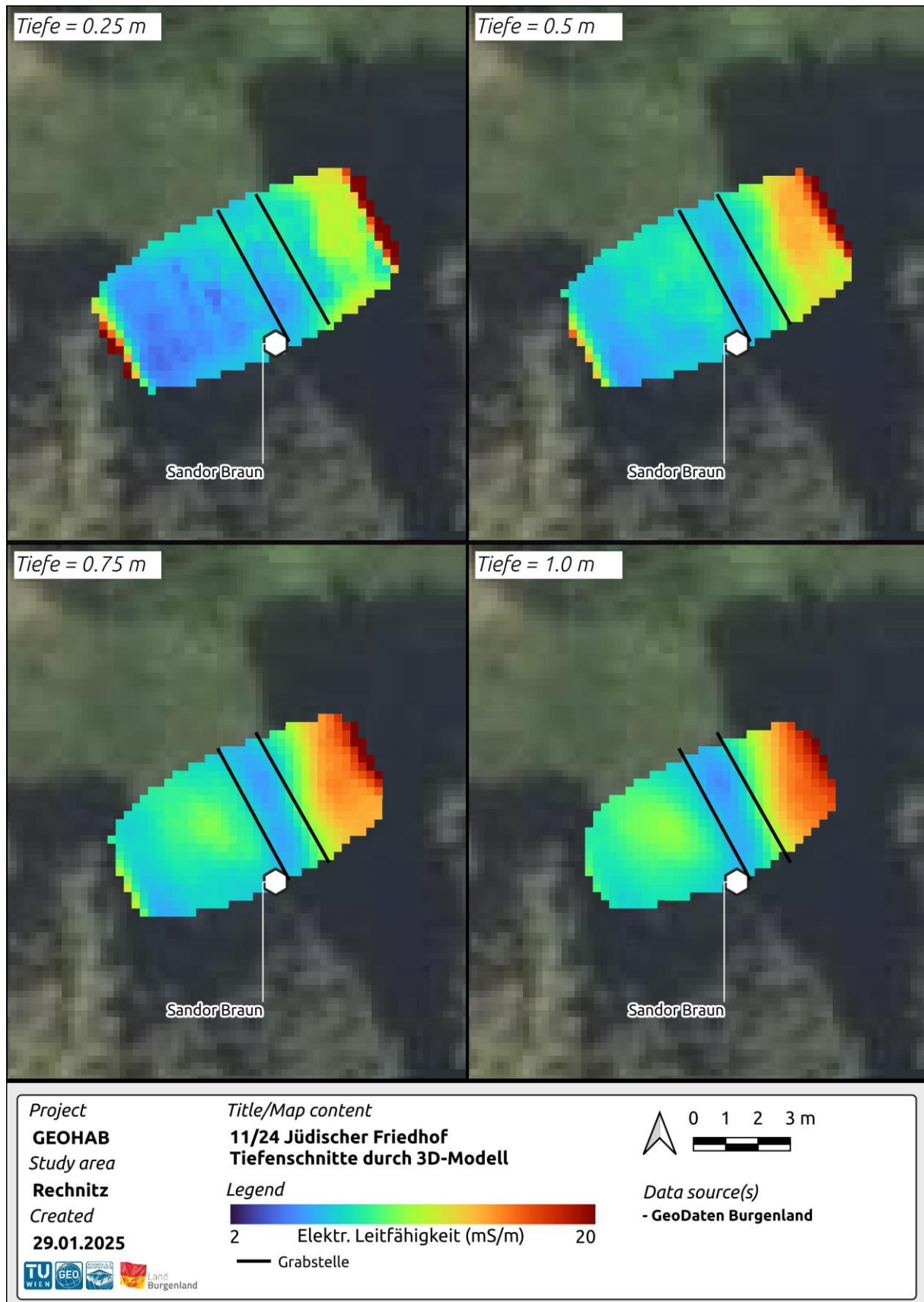


Abbildung 47. Schnitte in 0.25, 0.5, 0.75 und 1.0 m Tiefe parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der elektrischen Leitfähigkeit. Das sechseckige Symbol kennzeichnet die Grabstelle (Aufstellungsort des Grabsteins) von Sandor Braun.

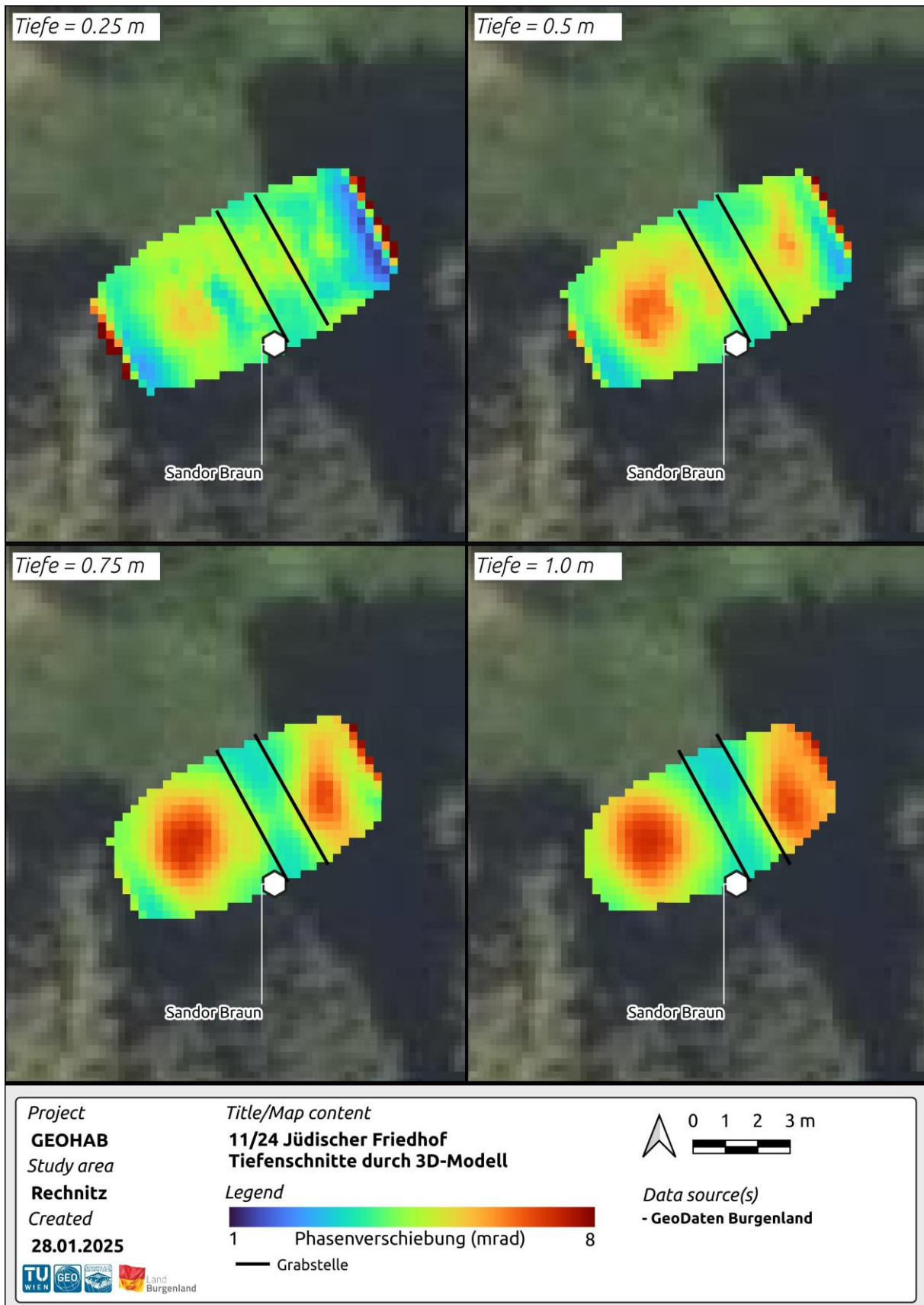


Abbildung 48. Schnitte in 0.25, 0.5, 0.75 und 1.0 m Tiefe parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der Phasenverschiebung. Das sechseckige Symbol kennzeichnet die Grabstelle (Aufstellungsort des Grabsteins) von Sandor Braun.

9 Untersuchung einer Verdachtsfläche im Gemeindegebiet von Siegendorf

Im Rahmen des Projekts GEOHAB wurde eine geophysikalische Prospektion in einem Gebiet bei Siegendorf durchgeführt, das historischen Berichten zufolge als Tatort der Erschießung von Zwangsarbeitern der nahegelegenen Zuckerfabrik in Betracht kommt. Die untersuchte Fläche ist belegt historisch vorbelastet, da sich dort zudem ein Massengrab befand, das bereits im Zuge früherer Aktivitäten exhumiert wurde. Die sterblichen Überreste wurden an einen angemesseneren Ort überführt. Trotz der Räumung bot die Fläche eine geeignete Möglichkeit zur Kalibrierung der geophysikalischen Messtechnik und zur Validierung der angewandten Untersuchungsmethoden. Darüber hinaus führten neu aufgetauchte, unabhängige Zeugenaussagen zu erneuten Untersuchungen des Gebiets. Diese Berichte deuten darauf hin, dass auf der Fläche die Erschießung von etwa sechs Personen stattgefunden haben könnte. Diese Hinweise wurden durch den Fund von Patronenhülsen und Projektilen gestützt. Die genaue Lage der Erschießungsstelle konnte bislang jedoch nicht mit Sicherheit bestimmt werden. Ziel der durchgeführten geophysikalischen Untersuchungen war es daher, potenzielle Anomalien zu identifizieren, die mit diesen historischen Ereignissen in Zusammenhang stehen könnten.

Da eine präzise Verortung der Erschießung und Beerdigung der betroffenen Personen bislang nicht vorliegt, wurde in einem ersten Schritt vorhandenes Material, einschließlich historischer Luftbilder und des digitalen Geländemodells, gesichtet, um mögliche Hinweise auf die genaue Lage zu finden. Die in **Abbildung 49** dargestellte Schummerung des Geländemodells lieferte einen ersten Anhaltspunkt: Eine auffallend rechteckige Vertiefung unmittelbar am Ende des an die Fläche angrenzenden Hanges, die als mögliche Position für eine Erschießung interpretiert wurde. Es wird vermutet, dass diese rechteckige Vertiefung auf die Lage eines ausgehobenen Grabes hinweisen könnte. In Ermangelung gegenteiliger Hinweise wurde diese Spur weiterverfolgt und die geophysikalischen Messungen entsprechend ausgerichtet.

Im Hinblick auf den geplanten Messzeitraum Anfang Juli war die Fläche des bekannten ehemaligen Massengrabs aufgrund dichter Vegetation für unsere Untersuchungen nicht zugänglich. Daher konzentrierten sich die Messungen auf die lediglich von mittelhohen Gräsern bewachsene Freifläche. Es wurden Messungen entlang von sieben Längsprofilen und acht Querprofilen durchgeführt (siehe **Abbildung 50**). Der Elektrodenabstand wurde auf jeweils einen Meter festgelegt, wobei Elektroden bei Bedarf weggelassen wurden, wenn die Profile die Fläche überschritten hätten. Entlang dieser Profile wurden sowohl IP- als auch EMI-Messungen durchgeführt. Aufgrund eines Problems mit der Vermessungsausrüstung kam es jedoch zu erheblichen Abweichungen bei der Verortung der EMI-Daten, wodurch eine aussagekräftige Verarbeitung und Visualisierung dieser Daten nicht möglich war. Aus diesem Grund werden im Folgenden ausschließlich die Ergebnisse der Inversion der IP-Daten im Detail analysiert und diskutiert.

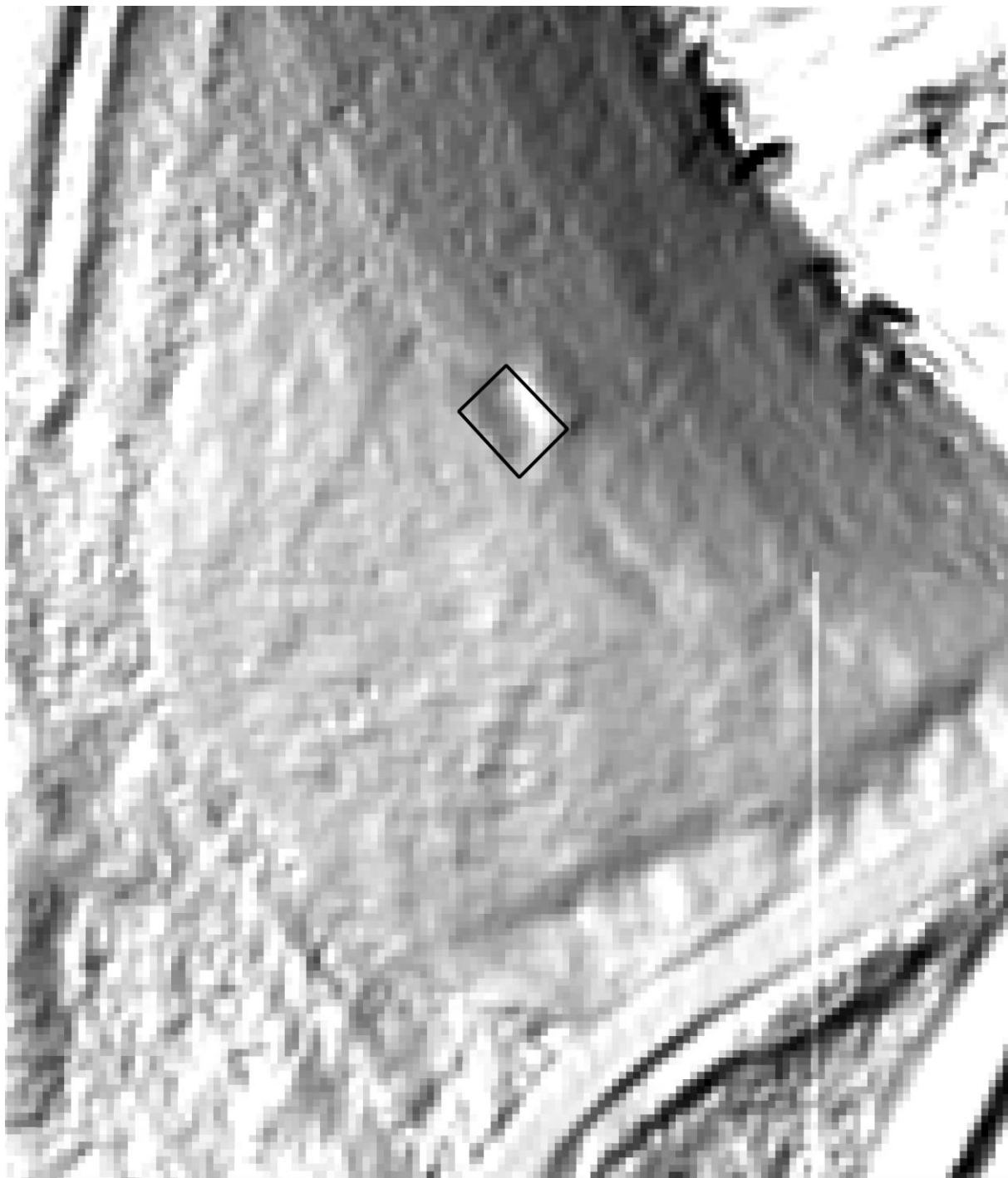


Abbildung 49. Die Schummerung des digitalen Höhenmodells für die Untersuchungsfläche zeigt eine rechteckige Vertiefung, die als Verdachtsfläche identifiziert wurde.



Abbildung 50. Die Profile für die geophysikalischen Untersuchungen wurden basierend auf der Position der Verdachtsfläche ausgewählt.

Da auch bei dieser Verdachtsfläche das Ziel besteht, eine flächenhafte Kartierung sowohl natürlicher als auch artifiziereller Strukturen und Eigenschaften vorzunehmen, wurden die entlang der Profile gemessenen IP-Datensätze zusammengeführt und in 3D invertiert. Aufgrund der unregelmäßigen Geländeoberfläche und der leichten Hanglage musste die Topographie in der 3D-Inversion berücksichtigt werden. Hierfür wurde das vorhandene digitale Geländemodell mit ausreichender Auflösung herangezogen, um den Untergrund der Verdachtsfläche entsprechend zu diskretisieren.

Zur effizienten Interpretation der erhaltenen 3D-Modelle der elektrischen Leitfähigkeit und der Phasenverschiebung wurden Tiefenschnitte aus den Modellen extrahiert. Im Gegensatz zu Modellen ohne Topographie musste in diesem Fall die Topographie der Geländeoberfläche bei der Erstellung der Tiefenschnitte berücksichtigt werden. Für die Analyse der 3D-Modelle wurden Tiefenschnitte in den Tiefen von 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 und 2.0 m extrahiert und in **Abbildung 51** gemeinsam dargestellt. Sowohl für die elektrische Leitfähigkeit als auch für die Phasenverschiebung zeigt sich eine großräumige Struktur, die durch eine niedrige Leitfähigkeit ($< 20 \text{ mS/m}$) und niedrige Phasenverschiebung ($< 2 \text{ mrad}$) charakterisiert ist. Diese Struktur ist oberflächennah weniger ausgeprägt, nimmt jedoch mit zunehmender Tiefe zu. Im südöstlichen Teil der Untersuchungsfläche ist ein Anstieg der Leitfähigkeit auf ca. 100 mS/m und ein weniger ausgeprägter Anstieg der Phasenverschiebung auf ca. 6 mrad zu beobachten.

Die Ergebnisse bestätigen, dass die IP-Methode, bei entsprechender Wahl der Messgeometrie, hervorragend geeignet ist, großräumige Strukturen mit hoher lateraler und vertikaler räumlicher Auflösung zu kartieren. Um die beschriebenen Strukturen weiter zu analysieren, sollten sie mit komplementären Informationen, wie geologischen Daten, verglichen und bestimmten natürlichen Phänomenen bzw. Materialien zugeordnet werden. Unabhängig davon zeigen die Form und Verteilung der Strukturen, dass sie aufgrund ihrer Charakteristika nicht mit oberflächennahen, von Menschen verursachten Anomalien, wie z.B. Gräbern, in Verbindung stehen können.

Zur Veranschaulichung wurden exemplarisch die 1-m-Tiefenschnitte für die elektrische Leitfähigkeit und die Phasenverschiebung (bzw. die Polarisation) in einer Karte über das aktuelle Orthophoto gelegt (**Abbildung 52** bzw. **Abbildung 53**). Diese Karten verdeutlichen, dass die beobachteten großräumigen Strukturen in gewissem Maße der Geländetopographie folgen, was auf einen natürlichen Ursprung der Strukturen hinweist. Zudem ist erkennbar, dass die erhöhte Leitfähigkeit insbesondere in den Randbereichen der Untersuchungsfläche, in der Nähe der vorbeiführenden Straße, lokalisiert ist. Die weitere Analyse und Interpretation konzentriert sich auf die aus dem Höhenmodell abgeleitete Verdachtsfläche, die in den Karten durch ein schwarzes Rechteck markiert ist.

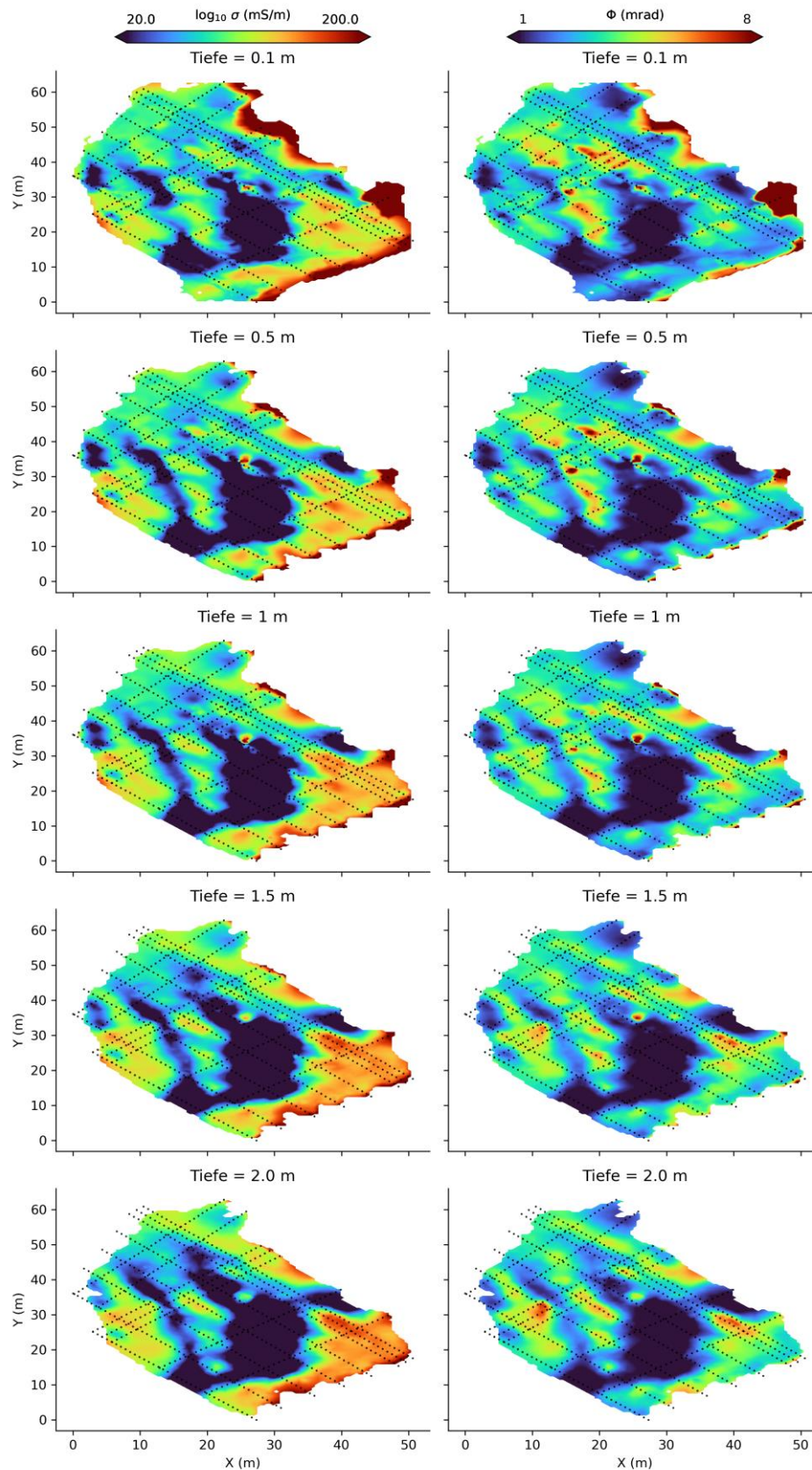


Abbildung 51. Tiefenschnitte durch die 3D-Modelle der elektrischen Leitfähigkeit und die Phasenverschiebung basierend auf den geophysikalischen Untersuchungen auf der Verdachtsfläche im Gemeindegebiet von Siegendorf. Schwarze Punkte an der Oberfläche stellen die Elektrodenpositionen dar.

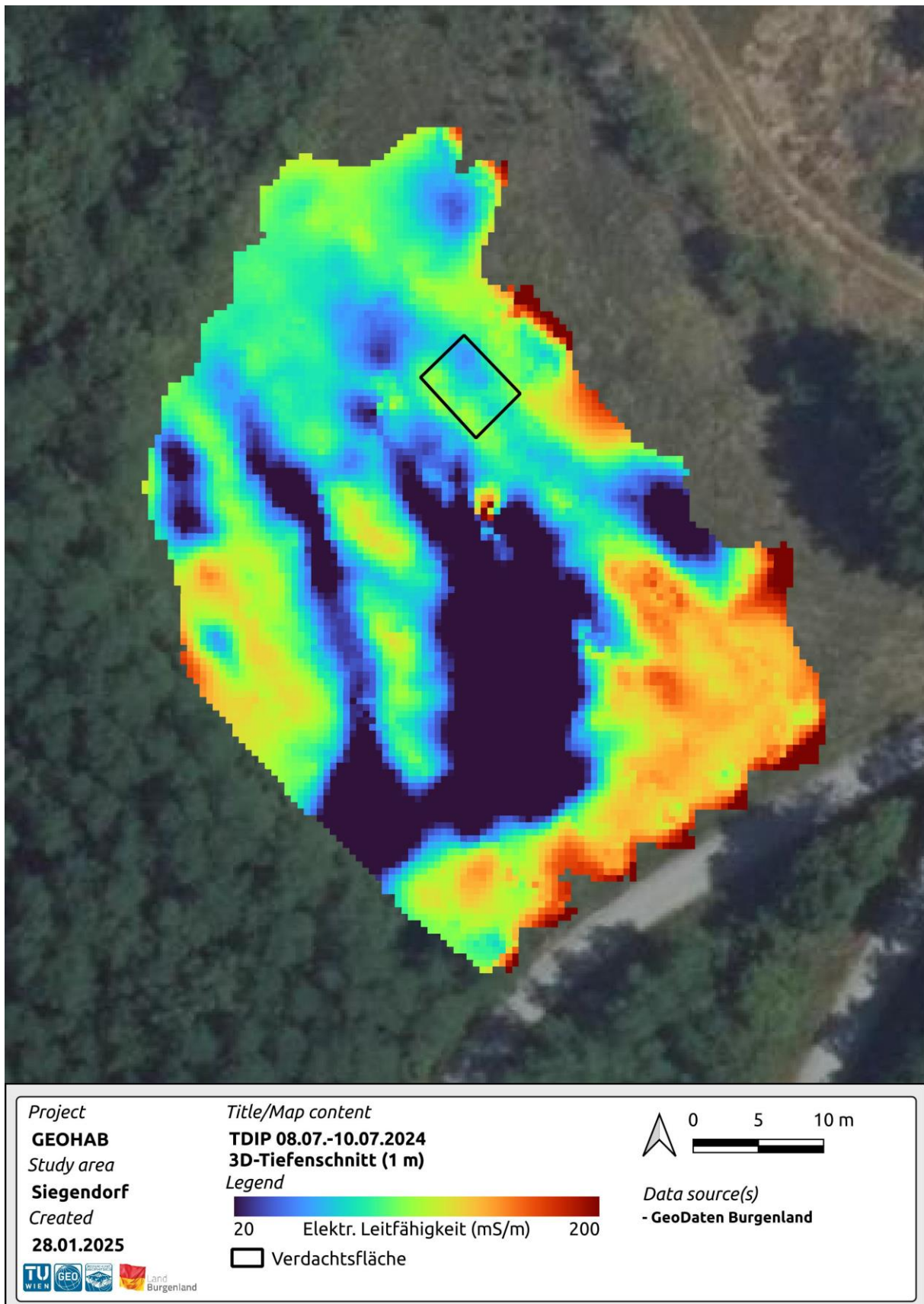


Abbildung 52. Exemplarischer Schnitt in 1 m Tiefe parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der elektrischen Leitfähigkeit.

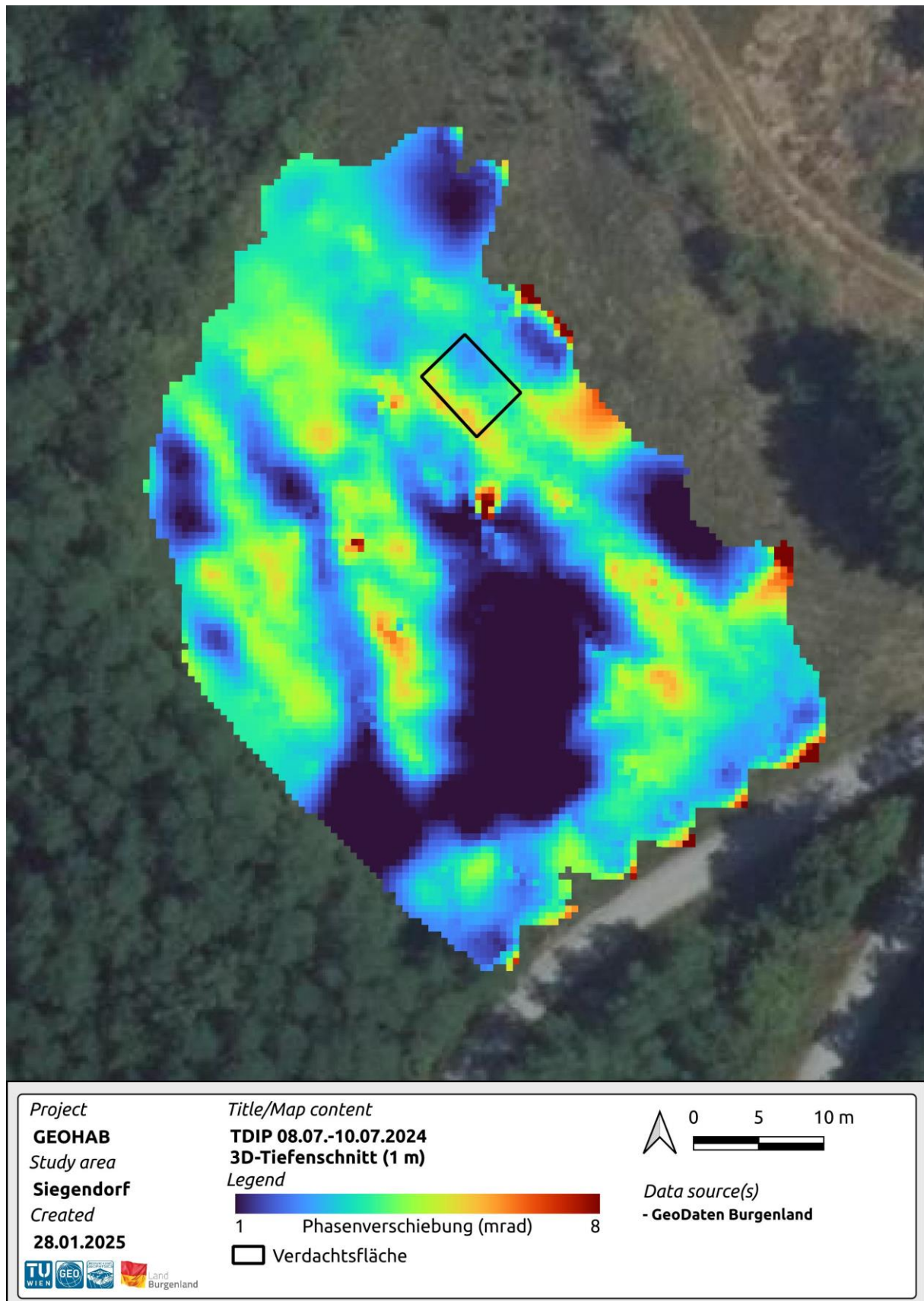


Abbildung 53. Exemplarischer Schnitt in 1 m Tiefe parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der Phasenverschiebung.

Für eine detailliertere Untersuchung der elektrischen Leitfähigkeit und der Phasenverschiebung im Bereich der Verdachtsfläche haben wir den entsprechenden Abschnitt der Untersuchungsfläche vergrößert dargestellt und Tiefenschnitte in den Tiefen von 0.1, 0.5, 1.0 und 1.5 m präsentiert (**Abbildung 54** bzw. **Abbildung 55**). Im Modell der elektrischen Leitfähigkeit zeigt sich eine deutliche Anomalie mit niedrigen Werten ($< 25 \text{ mS/m}$), die mit zunehmender Tiefe abnimmt (d.h. die Leitfähigkeit nimmt stetig zu) und schließlich vollständig verschwindet. Im Gegensatz dazu zeigen angrenzende Bereiche einen umgekehrten Verlauf, bei dem die Leitfähigkeit mit zunehmender Tiefe ansteigt und diese Anomalien sich auch in größeren Tiefen eindeutig fortsetzen. Es wird angenommen, dass es sich dabei um natürliche Strukturen handelt, die in den oberflächennahen Bereichen durch heterogene Strukturen überlagert werden. Eine ähnliche Beobachtung lässt sich auch im Modell der Phasenverschiebung machen: Eine Anomalie in der Oberflächennähe mit niedriger Phasenverschiebung innerhalb der Verdachtsfläche, die mit zunehmender Tiefe schwächer wird und schließlich vollständig verschwindet.

Basierend auf diesen Ergebnissen stützen die Untergrundmodelle die Hypothese, dass es sich bei der Anomalie im Höhenmodell um eine potenziell relevante Stelle für die Suche nach dem Erschießungs- bzw. Begräbnisort handeln könnte. Die Theorie lautet, dass diese geometrische Anomalie auf eine ausgehobene Grube hinweist, in der die Leichen nach der Erschießung beigesetzt wurden. Es sollte jedoch Vorsicht geboten sein, da die Anomalie in den geophysikalischen Modellen in sehr geringen Tiefen auftritt. Dies könnte der Hypothese eines Grabes widersprechen und sollte daher vor dem Setzen weiterer Schritte gründlich überprüft und diskutiert werden. Darüber hinaus müssen mögliche natürliche geologische Strukturen oder andere menschliche Eingriffe berücksichtigt werden, die ähnliche geophysikalische Signaturen hervorrufen könnten. Weitere Analysen und der Abgleich mit ergänzenden Daten sind notwendig, um diese Hypothesen zu validieren.

Koordinaten der Eckpunkte der Verdachtsfläche:

47.77563058N,16.54191048E

47.77566177N,16.54195359E

47.77562093N,16.54201088E

47.77558917N,16.54196550E

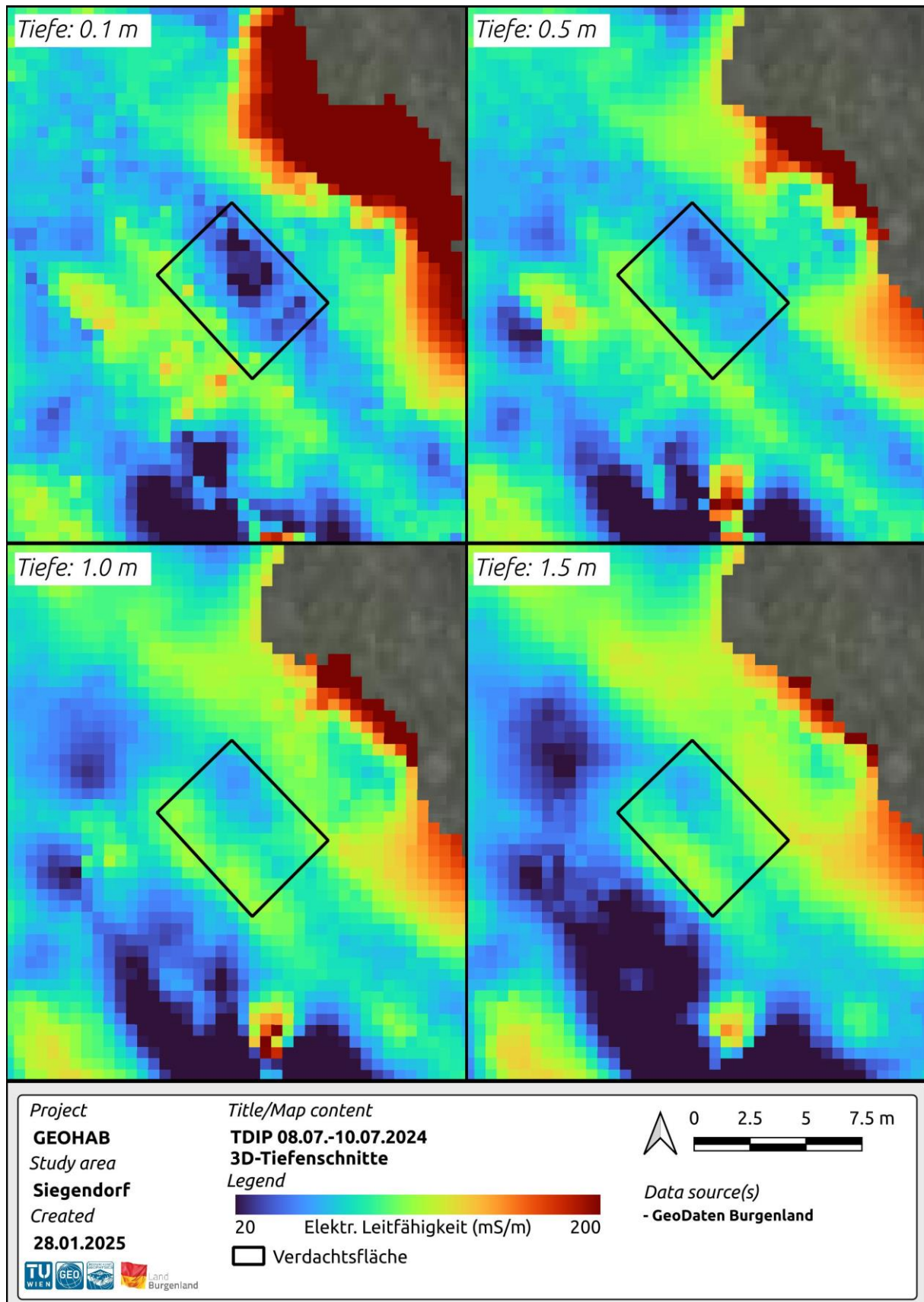


Abbildung 54. Schnitte in 0.1, 0.5, 1.0 und 1.5 m Tiefe parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der elektrischen Leitfähigkeit. Vergrößerte Darstellung des Bereichs um die Verdachtsfläche.

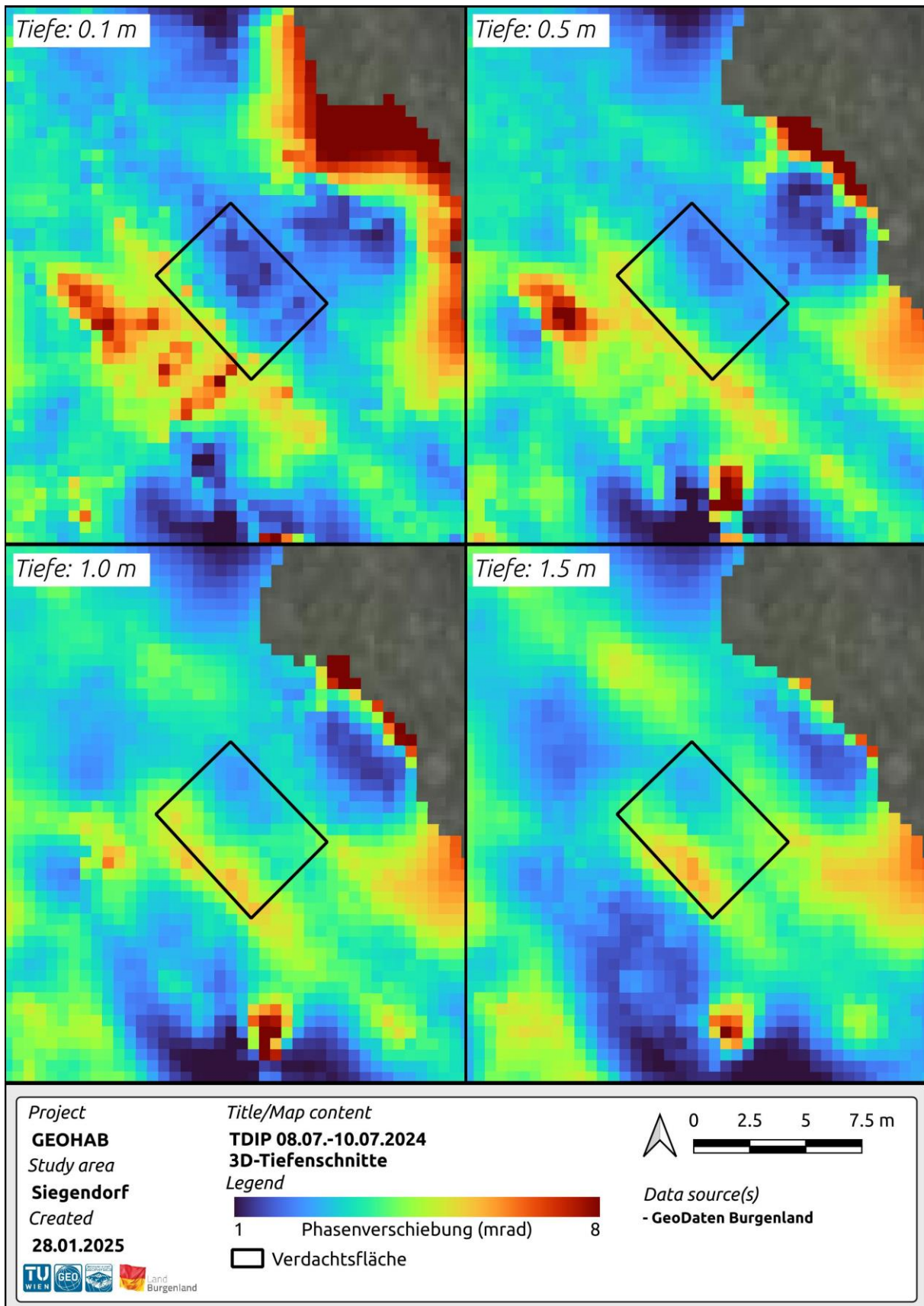


Abbildung 55. Schnitte in 0.1, 0.5, 1.0 und 1.5 m Tiefe parallel zur Geländeoberfläche durch das 3D-Modell der Phasenverschiebung. Vergrößerte Darstellung des Bereichs um die Verdachtsfläche.

10 Schlussfolgerungen, weitere Vorgehensweise und Ausblick

Die bisherigen geophysikalischen Untersuchungen im Rahmen des Projekts GEOHAB haben wertvolle Erkenntnisse über die Struktur und Eigenschaften des Untergrunds geliefert. Gleichzeitig haben sie auch deutlich gemacht, welche Herausforderungen und Potenziale für zukünftige Arbeiten bestehen.

Obwohl die Methode der Induzierten Polarisation (IP) traditionell in der Bergbauindustrie eingesetzt wird, haben unsere Untersuchungen eindeutig belegt, dass sie auch für die Erforschung archäologischer Strukturen hervorragend geeignet ist. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der umfangreiche Einsatz textiler Elektroden, der in diesem Projekt erstmals vorgestellt wird. Dieser ermöglicht die Sammlung geophysikalischer IP-Daten, ohne empfindliche Bereiche wie Friedhöfe zu beeinträchtigen, was einen erheblichen Vorteil für archäologische Untersuchungen darstellt. Unser umfassender Arbeitsplan, der sowohl großflächige als auch detaillierte Charakterisierungen des Untergrunds umfasst, hat sich als äußerst vielversprechend erwiesen. Ein bedeutender Meilenstein des Projekts war die Entwicklung und Erprobung einer innovativen Technik für die Archäologie: die 3D-IP-Bildgebung. Diese Methode eröffnet neue Perspektiven für die geophysikalische Untersuchung von archäologischen Stätten und stellt einen wichtigen Fortschritt in der angewandten Technik dar.

Die Sammlung von Daten ohne eine geeignete Plattform für das Management und die Visualisierung der verschiedenen Datensätze kann die Nutzung der Ergebnisse jedoch einschränken. Daher schlagen wir eine Forschungsplattform mit grafischer Benutzeroberfläche vor, die es ermöglicht, unterschiedliche Datenquellen zu speichern, zu vergleichen und zu analysieren. Diese Plattform würde ein effizientes Datenmanagement ermöglichen, die Nutzung der Ergebnisse in Untersuchungen verbessern und die Verbreitung der draus gewonnenen Erkenntnisse unterstützen. Ein effizientes Benutzer-, Ressourcen- und Zugriffsmanagement In diesem Bericht schlagen wir die Implementierung mehrerer wesentlicher Funktionen für die Plattform vor, darunter Gruppen, Benutzerrollen, Rechte, Indizes und Parameter, die für ihre effektive Nutzung erforderlich sind. Diese Komponenten stellen sicher, dass die Plattform anpassungsfähig und skalierbar ist, sodass sie verschiedenen Benutzerbedürfnissen gerecht wird und eine effiziente Datenverarbeitung gewährleistet. Die erfolgreiche Umsetzung dieser Plattform erfordert die volle Stelle für eine, die für die Entwicklung, Bereitstellung und Wartung der Plattform verantwortlich ist. Aufgrund des flexiblen Konzepts für die in dieser Studie vorgestellten Forschungsplattform könnte diese auch für das Management anderer relevanter Standorte genutzt werden, wodurch sie ein vielseitiges Werkzeug für zukünftige Projekte darstellt.

Aufbauend auf den gesammelten Erfahrungen wurden Pläne und Ideen entwickelt, um die verbleibende Projektzeit effizient zu nutzen und die Untersuchung des Areals nachhaltig zu optimieren.

Ein zentraler Fokus liegt dabei auf der Weiterentwicklung und Anpassung der eingesetzten Methoden, sowohl in Bezug auf die Datenerfassung als auch die Datenverarbeitung und Interpretation. Ziel ist es, eine noch präzisere und umfassendere Charakterisierung des Untergrunds zu erreichen. Dabei sollen die Stärken der bereits angewandten Techniken genutzt und deren Schwächen durch neue Ansätze kompensiert werden.

Zukünftige Arbeiten in Rechnitz zielen darauf ab, die gewonnenen Erkenntnisse durch fortschrittliche Messtechniken, optimierte Messanordnungen und verbesserte Inversionsverfahren weiter zu vertiefen. Zusätzlich sollen die bisherigen Ergebnisse in den Kontext übergeordneter Fragestellungen gestellt werden, um eine breitere geowissenschaftliche Interpretation zu ermöglichen. Neben der Verbesserung der räumlichen und zeitlichen Effizienz der Datenerhebung ist auch eine stärkere Integration verschiedener geophysikalischer Methoden geplant, um die Aussagekraft der Modelle zu erhöhen und die Unsicherheiten weiter zu reduzieren.

Diese strategischen Überlegungen bilden die Grundlage für zukünftige Untersuchungen in Rechnitz und könnten auch als Leitlinien für ähnliche Projekte in anderen Regionen dienen. Die kontinuierliche Anpassung der Methodik an die spezifischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebiets wird dabei eine Schlüsselrolle spielen, um das Potenzial der geophysikalischen Prospektion voll auszuschöpfen.

10.1 Interpretation und Aufbereitung der geophysikalischen Ergebnisse für ein breites Publikum

Ein wesentlicher Schritt im Projekt GEOHAB ist die vollumfängliche Interpretation und Aufbereitung der geophysikalischen Ergebnisse, die nicht nur den wissenschaftlichen Anforderungen gerecht wird, sondern auch für ein breites Publikum verständlich und zugänglich ist. Dies umfasst insbesondere den Übergang von komplexen geophysikalischen Parametern hin zu einfacheren Darstellungen, die geologische oder artifizielle Strukturen klar hervorheben.

Die geophysikalischen Messungen liefern eine Fülle an detaillierten Daten, die zunächst auf physikalischen Eigenschaften wie elektrische Leitfähigkeit, Magnetismus oder Dichte basieren. Um diese Daten für ein breiteres Publikum nutzbar zu machen, ist es entscheidend, diese physikalischen Parameter in geologische Materialien zu übersetzen und in eine verständliche Form zu bringen. Dies bedeutet, dass die abstrakten geophysikalischen Werte in konkrete geologische Interpretationen umgewandelt werden müssen, die dann visuell ansprechend und klar strukturiert dargestellt werden.

Ein zentraler Bestandteil dieser Aufbereitung ist die Identifikation und Darstellung geologischer oder artifizieller Strukturen, wie geologische Schichtungen, potenziell unmarkierte Grabstellen oder historische Baustrukturen. Durch die Integration der geophysikalischen Ergebnisse in 3D-Modelle oder schematische Darstellungen können diese

Strukturen visuell hervorgehoben werden, sodass auch Laien und Interessierte ohne tiefgehende geophysikalische Fachkenntnisse ein klares Verständnis für die untersuchten Areale entwickeln können.

Diese vereinfachte Darstellung sollte auch den Bezug zu bekannten geologischen Materialien oder archäologischen Funden herstellen, um den Zusammenhang zwischen den geophysikalischen Ergebnissen und den realen, physisch vorhandenen Strukturen zu verdeutlichen. Der Übergang von den geophysikalischen Parametern zu einer anschaulichen, geologischen Interpretation stellt somit einen wichtigen Schritt dar, um die Ergebnisse der Untersuchung für ein breites Publikum verständlich und greifbar zu machen und gleichzeitig den wissenschaftlichen Kontext und die Bedeutung der geophysikalischen Messungen zu bewahren.

10.2 Fokus auf 3D-Messanordnungen für zukünftige Untersuchungen in Rechnitz

Basierend auf den bisherigen Untersuchungen und den daraus gewonnenen Erkenntnissen wird vorgeschlagen, zukünftige geophysikalische Datenerhebungen in Rechnitz nicht mehr entlang von 2D-Profilen durchzuführen, sondern von Beginn an auf vollumfängliche 3D-Messanordnungen auszulegen. Dieser Ansatz ist insbesondere durch die klare Überlegenheit von 3D-Untergrundmodellen motiviert, die eine deutlich verbesserte räumliche Darstellung geologischer Strukturen ermöglichen.

Die bisher erstellten 3D-Inversionsmodelle, ergänzt durch die Analyse der extrahierten Tiefenschnitte, haben gezeigt, dass die dreidimensionale Modellierung wesentliche Vorteile gegenüber rein zweidimensionalen Interpretationen bietet. Dies betrifft nicht nur die räumliche Auflösung und die Detailtiefe, sondern auch die Fähigkeit, komplexe Strukturen und Übergänge im oberflächennahen Untergrund präziser zu erfassen, wie es in der archäologischen Prospektion notwendig ist. 2D-Profile hingegen liefern oftmals nur eingeschränkte Ergebnisse, die stark von der gewählten Profilausrichtung abhängen und potenziell wichtige Strukturen im Untergrund übersehen können. Daher sollten auch Daten aus älteren Studien, die auf 2D-Messanordnungen basieren, erneut mit 3D-Inversionsalgorithmen analysiert und um 3D-Messungen ergänzt werden.

Durch die Anwendung von 3D-Messanordnungen können zukünftig sowohl flächenhafte als auch vertikale Strukturen konsistenter und mit höherer Genauigkeit abgebildet werden. Dies ist besonders relevant für die Charakterisierung des Untergrunds im Bereich des Rechnitzer Kreuzstadls, wo sowohl natürliche geologische Strukturen als auch potenziell menschengemachte Anomalien von Interesse sind. Der Verzicht auf rein zweidimensionale Datenerhebungen zugunsten eines dreidimensionalen Ansatzes stellt somit einen essenziellen Schritt dar, um die geophysikalische Untersuchung weiter zu optimieren und den Erkenntnisgewinn zu maximieren.

10.3 TDIP-kalibrierte Inversion der EMI-Daten

Ein zentraler Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten liegt in der Weiterentwicklung und Anwendung einer TDIP-kalibrierten Inversion elektromagnetischer Induktionsdaten (EMI). Der Vergleich der aus EMI-Messungen gewonnenen Daten mit den Ergebnissen aus 2D- und insbesondere 3D-Inversionen zeitabhängiger induzierter Polarisation (TDIP) hat gezeigt, dass TDIP-Modelle ein höheres Maß an Detailgenauigkeit und räumlicher Auflösung der elektrischen Eigenschaften des Untergrundes liefern. Diese Modelle bilden somit eine ideale Grundlage, um die Interpretation von EMI-Daten signifikant zu verbessern.

Der größte Vorteil der EMI ist die schnelle und großflächige Datenerhebung, wobei der größte Nachteil die oftmals nur qualitative Aussagekraft dieser Daten. Das Ziel des hier vorgeschlagenen Ansatzes ist daher, die aus TDIP-Inversionen abgeleiteten Parameter als Referenz für die Kalibrierung der EMI-Dateninversion zu nutzen und dadurch eine quantitative Interpretation der EMI-Daten zu ermöglichen. Eine solche Kalibrierung bietet mehrere Vorteile: Zum einen können systematische Unsicherheiten und Verzerrungen in EMI-Daten besser berücksichtigt werden. Zum anderen ermöglicht eine TDIP-kalibrierte Inversion, die inhärenten Stärken der EMI-Methode – insbesondere – mit der hohen räumlichen Auflösung der TDIP-Methode zu kombinieren.

Langfristig streben wir an, eine effiziente Methodik zu entwickeln, die es ermöglicht, die zeitintensive TDIP-Datenerhebung durch eine präzise kalibrierte EMI-Messung zu ergänzen oder in bestimmten Szenarien sogar zu ersetzen. Durch die Reduktion der Datenerhebungszeit bei gleichzeitiger Optimierung der räumlichen Auflösung der elektrischen Eigenschaften des Untergrundes könnte diese Strategie nicht nur die Effizienz, sondern auch die Anwendbarkeit in großflächigen Prospektionsprojekten erheblich verbessern.

Dieser Ansatz eröffnet neue Möglichkeiten, insbesondere in Bereichen, in denen eine schnelle und dennoch detaillierte Charakterisierung des Untergrundes gefordert ist, wie z. B. in der archäologischen Prospektion oder bei der Erkundung von Umweltschadensfällen. Die mittelfristige Implementierung einer TDIP-kalibrierten EMI-Inversion stellt somit einen wichtigen Schritt zur Weiterentwicklung geophysikalischer Prospektionsmethoden dar.

10.4 Hochauflösende Oberflächenmessungen durch Drohnenbefliegungen für den jüdischen Friedhof in Rechnitz

Im Rahmen der geplanten weiteren Untersuchungen schlagen wir vor, die Oberfläche des jüdischen Friedhofs in Rechnitz mittels hochauflösender Drohnenbefliegungen zu erfassen. Diese Vorgehensweise basiert auf den während der bisherigen Untersuchungen beobachteten Bodenabsenkungen im Friedhofsareal, die potenziell auf existierende, jedoch nicht mehr markierte Grabstellen hinweisen könnten. Eine systematische Analyse dieser Oberflächenvariationen könnte wertvolle Hinweise zur Identifizierung solcher Grabstellen liefern, die bislang möglicherweise übersehen oder nicht eindeutig lokalisiert wurden.

Für die präzise Modellierung des Untergrunds und die Erhöhung der Qualität der geophysikalischen Inversionsergebnisse sind hochauflösende topografische Daten der Oberfläche unerlässlich. Die topografische Erfassung mittels Drohnenbefliegung ermöglicht es, diese Oberflächenvariationen mit hoher Genauigkeit zu dokumentieren und somit als Grundlage für die Erstellung von 3D-Modellen der Untergrundeigenschaften zu dienen. Diese Modelle, die auf geophysikalischen Messungen basieren, profitieren erheblich von den detaillierten Oberflächeninformationen, da sie eine präzisere Inversion der geophysikalischen Daten ermöglichen und somit die Qualität der geophysikalischen Ergebnisse verbessern.

Durch den Einsatz hochauflösender topografischer Daten wird es möglich, Oberflächenstrukturen und geologische Variationen besser zu berücksichtigen, was zu einer verbesserten Darstellung des Untergrunds führt. Dies ist besonders relevant für die geophysikalische Untersuchung des Friedhofsareals, da die präzise Bestimmung der Oberflächenmerkmale und deren Einfluss auf die geophysikalischen Modelle eine genauere Identifizierung von potenziellen Anomalien und unterirdischen Strukturen ermöglicht. Der Vorschlag, die Oberflächenmessungen mit Drohnenbefliegungen durchzuführen, stellt einen wichtigen Schritt dar, um die Qualität der Untersuchung zu erhöhen und die Zuverlässigkeit der geophysikalischen Analysen weiter zu verbessern.

10.5 Forschungsplattform: Konzeptentwicklung und Entscheidung zur Nicht-Implementierung

Im Einklang mit den ursprünglichen Projektvorgaben wurde im Rahmen des Projekts GEOHAB ein umfassendes Datenbankkonzept samt Implementierungsstrategie für eine Forschungsplattform erarbeitet. Dieses Konzept wurde in der Sitzung der Taskforce Rechnitz im November 2024 vorgestellt. Im Anschluss an die Präsentation entschied das Land Burgenland, dass die Umsetzung der Forschungsplattform nicht im Rahmen der laufenden Projektphase erfolgen soll. Da das Projekt GEOHAB mit Ende Mai 2025 abgeschlossen wird, ist auch eine spätere Implementierung im Zuge dieses Projekts nicht vorgesehen. Dennoch betonen Dr. Matthias Steiner und Prof. Dr. Adrián Flores Orozco die Relevanz einer solchen Plattform. Eine koordinierte, datenbasierte Herangehensweise – wie sie durch die Forschungsplattform ermöglicht würde – könnte laufende und künftige Untersuchungen in Rechnitz sowie an weiteren archäologisch und kulturhistorisch bedeutenden Stätten erheblich unterstützen und effizienter gestalten.

10.6 Bewertung der Verdachtsfläche auf Parzelle 8815 basierend auf geophysikalischen Ergebnissen

Die im Zuge des Projekts durchgeführten geophysikalischen Messungen konnten jene Verdachtsfläche bestätigen, die zuvor auf Grundlage der Analyse historischer Luftbilder identifiziert worden war. Die elektrischen Eigenschaften der untersuchten Anomalien zeigen ein Muster, das in seiner Signatur jenen entspricht, die bereits bei der Untersuchung der

bekannten Grabstelle von Sandor Braun auf dem jüdischen Friedhof von Rechnitz dokumentiert wurden.

Gleichzeitig weisen Dr. Matthias Steiner und Prof. Dr. Adrián Flores Orozco darauf hin, dass die gemessenen Anomalien zwar auf das Vorhandensein organischer Materialien hindeuten, daraus jedoch nicht automatisch ein Zusammenhang mit den historischen Ereignissen des Massakers von Rechnitz abgeleitet werden kann. Wie in der letzten Sitzung der Taskforce Rechnitz wiederholt betont wurde, sollten vor dem Einsatz invasiver Methoden weitere nicht-invasive Untersuchungen innerhalb und außerhalb der Verdachtsfläche durchgeführt werden, um die wissenschaftliche Grundlage zu festigen. Obwohl konkrete Vorschläge dazu eingebracht wurden, erhielt der sofortige Beginn von Grabungen den Vorrang. Das Ausbleiben eines eindeutigen Grabungsergebnisses ist daher nicht auf eine unzureichende Effektivität der eingesetzten IP-Methode zurückzuführen, sondern vielmehr auf eine unvollständige wissenschaftliche Beweiswürdigung.

11 Dringlichkeit weiterer geophysikalischer Untersuchungen in Rechnitz

Basierend auf den vielversprechenden geophysikalischen Ergebnissen, die bisher in Rechnitz erzielt wurden, sind wir der festen Überzeugung, dass zeitnah weitergehende geophysikalische Untersuchungen auf den durch die Taskforce Rechnitz definierten Verdachtsflächen erforderlich sind. Insbesondere betrifft dies die Grundstücke, die im Osten an den Kreuzstadl angrenzen, da erste Ergebnisse unserer Analysen des existierenden Datenmaterials auf nicht markierte Grabstellen und anderen relevanten Strukturen hinweisen. Zudem wurde dieser Bereich auch von der Taskforce Rechnitz als primäre Verdachtsfläche für die Lage des gesuchten Massengrabes ausgewiesen.

Unsere bisherigen Ergebnisse zeigen klar, dass geophysikalische Methoden über das Potenzial verfügen, verborgene Strukturen im Untergrund präzise zu lokalisieren. Die Untergrundmodelle bieten eine solide Grundlage für weiterführende Untersuchungen, die nicht nur zur Entdeckung von bislang unbekannten Grabstellen beitragen können, sondern diese auch in Bezug auf Lage und Tiefe exakt bestimmen können. Es ist daher von größter Bedeutung, diese geophysikalischen Untersuchungen ohne Verzögerung fortzusetzen. Darüber hinaus sollte auch die flächendeckende Kartierung und Charakterisierung der Untergrund-Eigenschaften auf dem jüdischen Friedhof in Rechnitz in den Untersuchungsplan aufgenommen werden. Unsere bisherigen Ergebnisse belegen eindeutig, dass die Durchführung geophysikalischer Untersuchungen in diesem Bereich nicht nur zur Identifikation von potenziellen Grabstellen führen kann, sondern auch eine präzise Lokalisierung sowohl in der horizontalen als auch vertikalen Ausdehnung ermöglicht. Besonders im Hinblick auf die historische Bedeutung des Ortes ist eine detaillierte geophysikalische Erfassung der Untergrundstrukturen von zentraler Bedeutung.

Wir schlagen daher vor, dass die geophysikalischen Untersuchungen in Rechnitz unter Einbeziehung der definierten Verdachtsflächen sowie des jüdischen Friedhofs als vordringliche Maßnahme zeitnah und umfassend durchgeführt werden. Diese Untersuchungen bieten nicht nur einen bedeutenden Beitrag zur Aufklärung historischer Ereignisse, sondern stellen auch sicher, dass wertvolle Informationen für die zukünftige Forschung und die Erinnerungskultur nicht ungenutzt bleiben.