

Impuls und Spaten. Ausloten, was in der Memorialkirche der Ottonen in Memleben möglich ist

HOLGER GRÖNWALD UND MIKKO HEIKKINEN

Im Kloster Memleben¹ erinnert seit über 20 Jahren der als Pflaster nachgezeichnete Grundriss der monumentalen Memorialkirche des ottonischen Herrscherhauses an die bedeutende Vergangenheit des Ortes (Schmitt 2001). Neben der Kirche des Benediktinerklosters aus dem 13. Jh. und dem bestehenden Klausurkomplex wird mit ihm der Wandel der Anlage als ein Höhepunkt der touristischen Route »Straße der Romanik« erlebbar. Kaum wahrnehmbar, dass die solide erarbeitete Rekonstruktion der frühen, ca. 82 m langen und 39,5 m breiten dreischiffigen Basilika mit zwei Querschiffen sowie Ost- und Westchor² lediglich auf begrenzten Aufschlüssen basiert. Zwar ist Memleben archäologisch kein unbeschriebenes Blatt, doch nur sieben Prozent des Bauwerks sind erfasst³. Zur Entwicklung zwischen dem 10. und 12. Jh., den Ursachen und dem Zeitpunkt der Aufgabe ist nichts bekannt. So verlegte ein Kooperationsprojekt des Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt (LDA) mit der Stiftung Kloster und Kaiserpfalz Memleben, dem Institut für Kunstgeschichte und Archäologien Europas an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU) und der Hochschule Anhalt (HA)⁴ seine 2017 in Angriff genommene, mit einer Lehrgrabung gekoppelte Arbeit in das Areal der einstigen Marienkirche⁵. Unabhängig von der Ergebniszusammenschau an anderer Stelle, soll es hier um den Beginn der neuen Untersuchungen im Jahr 2021 gehen, die einen Vergleich der Kirche mit ähnlich großen erzbischöflichen Bauten in Köln (alter Dom) oder Trier ermöglichen.

1 Stiftung Kloster und Kaiserpfalz Memleben, Thomas-Müntzer-Straße 48 in 06642 Kaiserpfalz OT Memleben an der Unstrut (Burgenlandkreis [BLK], Verbandsgemeinde An der Finne).

2 Zur detaillierten Beschreibung und Rekonstruktionshypothese vgl. Leopold 1976, 5; 8–12; Leopold 2009 sowie Schmitt 2010.

3 Abgesehen von anderen Untersuchungen im Klosterareal begann Heinrich Butschkow 1936 mit einer Grabung im Bereich der ottonenzeitlichen Kirche, eine forschungsgeschichtlich wie methodisch problematische Personalie (Stahl 2021, 163–165). Wesentlich sind die Untersuchungen von Gerhard Leopold 1959 und 1964/66, Wilfried Weise 1980/81 sowie diesem und Reinhard Schmitt

1995, ergänzt von einer Baubegleitung durch Olaf Schröder 2000 (Stahl 2021, 155).

4 Unter Leitung von Prof. Dr. Leonhard Helten. Die örtliche Grabungsleitung übt seit 2018 Holger Grönwald aus. Gedankt sei den Studierenden des Aufbaustudiengangs Denkmalpflege an der MLU und der HA.

5 Jährliche Kampagnen widmeten sich bisher Wirtschaftsgebäuden und Resten einer älteren Klausur im Klosterhof. Daneben traten beachtliche vorgeschichtliche Siedlungsbefunde zutage, die den Standort für über die Mittelalterarchäologie hinausgehende Forschungen interessant machen.

Vor der archäologischen Intervention war das zu erwartende, nicht unerhebliche Befundaufkommen näher zerstörungsfrei einzugrenzen. Daher wurde das Gelände großräumig mittels Georadarmethode (GPR, *ground-penetrating radar*) prospektiert. Der Einsatz oberflächennaher geophysikalischer Prospektionsmethoden ist für Memleben nicht neu (s. u.). Üblicherweise wird er bei Forschungsgrabungen hinsichtlich des Nutzens und finanziellen Aufwands durchdacht⁶. Das LDA hat in dieser Hinsicht mit der Einrichtung einer festen Mitarbeiterstelle für Geophysik, besetzt mit Mikko Heikkinen, und deren technischer Ausstattung nachhaltige Voraussetzungen geschaffen. Die Anwendung von Geomagnetik, Gleichstromgeoelektrik, Georadar oder Elektromagnetik hängt insofern nur davon ab, welche Grenzen durch Befunderhaltung und -überprägung sowie variierende geologische Gegebenheiten gesetzt sind, weniger von Mitteln und verfügbaren Methoden. Bei der Suche nach anthropogenen Eingriffen geht es dann nicht um deren Alter. Die Prospektion kann für die Wahl und Anlage sowie gegebenenfalls die erforderliche Sicherung der Grabungsflächen ausschlaggebend sein. Zur Interpretation sind tatsächliche Grabungsaufschlüsse als ebenfalls bildgebende, wenn auch analoge Verfahren nützlich. Sie werten Prospektionsdaten für deren weitere Anwendung auf, was im Folgenden noch zu zeigen ist⁷.

Warum Georadar?

Die Eignung der genannten Methoden ist abzuwägen. So erfasst etwa das auf Freiflächen überaus erfolgversprechende Potenzialverfahren der Geomagnetik die Schwankungen im vorhandenen Magnetfeld⁸. Ist eine zu hohe Dichte an Störungen gegeben, wird die Anwendung jedoch auf die Funktionen eines Metalldetektors beschränkt und liefert nur schwer interpretierbare Bilder⁹. Die intensive Überprägung des Kloster- und Kirchenareals bis in jüngste, über die Nutzung als »Volkseigenes Gut Thomas Müntzer« hinausgehende Zeit – inklusive der Eingriffe durch Altgrabungen – ließ genau das befürchten. Das Klosterumfeld bietet größere Chancen, die in Arbeit und an anderer Stelle zu besprechen sind¹⁰. Gleichstromelektrik wäre hinsichtlich des Untersuchungsgegenstandes mit der Ermittlung von Kontrasten elektrischer Leitfähigkeit im Boden gut geeignet, Baustrukturen über Potentialdifferenzen zu sondieren. Doch außer lokalen Bodenbeschaffenheiten schränken vor allem mit dem Abbruch des Kirchenbaus in größerem Umfang zu erwartender Bauschutt, eine geringe Mächtigkeit tatsächlich vorhandener historischer Straten und verschwimmende Materialgrenzen die Aussagekraft dieser Tiefensondierung ein.

Speziell die Verortung vertikaler, bei der Dimension des Gebäudekörpers nicht zu dicht gelagerter Strukturen machte den Einsatz von GPR erfolgversprechend, bei dessen Entwicklung archäologische und Baubefunde nicht im Vordergrund standen. Die flächen-

6 Empirische Studien liegen inzwischen vor, vgl. etwa Rabbel u. a. 2015.

7 Sie nur begrenzt oder einmalig illustrativ zu nutzen, schöpft das tatsächliche Potenzial nicht aus.

8 Genau genommen Schwankungen in der Feldrichtung und -stärke des Magnetismus unterschiedlicher magnetischer Suszeptibilitäten und

Orientierungen, die von verschiedenen Bodenkörpern verursacht werden.

9 Datierungsmöglichkeiten auf Basis der Geomagnetik können dagegen bei entsprechenden Funden und deren sachgerechter Bergung künftig Anwendung finden.

10 Zu grundlegenden Betrachtungen vgl. Grönwald 2019.



Abb. 1 Kloster Memleben. Übersicht zum Gebäudebestand mit vorläufig unterschiedenen Bauphasen und GPR-Vermessungsarealen 2017 und 2021.

hafte Erfassung von Details im Untergrundbild über reflektierte, in Weg-Zeit-Diagrammen dargestellte Signale (geophysikalische Radargramme) war das Ziel. Da die struktureologische Kartierung Schichtfugen, Klüfte und Porositätsänderungen lokalisiert, fand GPR als elektromagnetisches Impulsreflexionsverfahren (EMR) primär im Bereich der Geowissenschaften und Montanindustrie Anwendung¹¹. Die qualitative Weiterentwicklung im letzten Vierteljahrhundert ließ GPR stetig für den Archäologie-Einsatz interessanter werden¹². Das Aufgabenspektrum erweiterte sich auf die Lokalisierung von Fundamentresten, Hohlräumen und sonstigen Anomalien¹³. Mit den Anwendungen spezialisierten sich Fachkräfte mit erforderlichen Kenntnissen¹⁴.

Ergebnisvergleiche zeigen, wie wichtig bei der Umsetzung sensibilisiertes Personal der Archäologie und Bodendenkmalpflege ist und dass der Zukauf von Dienstleistungen anderer Sektoren erfahrungsgemäß die Ergebnisverwertbarkeit einschränkt. So offenbarte eine erste, vom Institut für Kunstgeschichte und Archäologien Europas an der MLU im Juli 2017 auf einer Fläche von 3979 m² beauftragte GPR-Untersuchung nördlich der Mittelscheune¹⁵ die lokalen Möglichkeiten der Methode und im Vergleich mit späteren Grabungsergebnissen zu überschreitende Grenzen. Neuzeitliche und moderne Fundamente, Störungen und Leitungsgräben ließen sich ermitteln, die umfangreich vorhandenen mittelalterlichen Strukturen in Tiefen unterhalb von 1,38 m und überwiegend 1,80 m jedoch kaum (Abb. 1). Die als Zeit- oder besser Tiefenscheiben bezeichneten horizontalen Radargramme (*Time-slices*; s. u.) in Tiefen zwischen 1,10 und maximal 1,70 m waren in dieser Hinsicht archäoprognostisch kaum aussagekräftig; für einen in 1,85 bis 3,03 m Tiefe nachgewiesenen, teils von einem Estrichboden überlagerten stichbandkeramischen Spitzgraben ohnehin nicht. Auf eine Datenausgabe in repräsentativen Profilschnitten/vertikalen Messpunktlinien-Radargrammen wurde verzichtet. Sich abzeichnende jüngere Fundamente etwa von Ställen, eines Taubenhauses, Viehrings, Brunnens und offenen Mistlagers im Hofzentrum hätten über die Sichtung historischen Planmaterials¹⁶ exakter gefasst und angesprochen werden können¹⁷.

11 Boden- oder Baugrunduntersuchungen auf Basis von Bohrkernen liefern keine vergleichbare Informationsdichte. Der höhere technische oder auch physische Aufwand ist mit der Bergung von Material und Ermittlung scharfer Schichtgrenzen an anderen Stellen und hinsichtlich anderer Fragestellungen angebracht.

12 Als Grundlagenliteratur vgl. etwa Blindow u. a. 1997, Annan 2009 oder Utsi 2017, zur Entwicklungsgeschichte Forkmann 2006. Geophysikalische Prospektionsberichte geben die eingesetzten Mittel meist reproduziert (*copy & paste*) kompakt wieder.

13 Inklusive Auflockerungs- und gegebenenfalls nicht zu belastenden oder während Grabungen zu berücksichtigenden Schwächezonen.

14 Aus dem Blickwinkel der Geophysik »magisch angezogene Nebenfach-Einsteiger« (nach Forkmann 2006, 3).

15 Verfasser danken Frau Juliane Eichentopf, Grabungsleiterin der Untersuchung im Kloster Mem-

leben 2017, für die Bereitstellung des Berichts 527/2017 von Dipl. Geol. Christian Hübner von der Firma GGH Solutions in Geosciences GmbH/Freiburg (Offenburger Str. 82, 79108 Freiburg; www.ggh-online.de; Messung unter Beteiligung von Anja Ludwig am 08.07.2017; ungedruckter »Bericht 527/2017. Kartierung mit dem Bodensradar im Kloster Memleben, Nebra [Sachsen-Anhalt]« vom 22.07.2017).

16 Etwa Pläne zum schulpfortischen Klostergut Memleben von 1796, 1828, 1876 oder 1907.

17 Diese Aufgabe oblag nicht der die Messung durchführenden Firma, die eine nach ihren Möglichkeiten angemessene Dateninterpretation ohne weiterführende Auswertung erstellte. Lediglich vermutete Kreuzgangreste eines zur ottonischen Kirche des 10. Jhs. gehörenden Klausurbereiches (was eine dem Kloster des 13. Jhs. von der Anlage her entsprechende Fertigstellung voraussetzte) lagen der Wahl des Grabungsareals zugrunde.

Grundlagen der Untersuchung 2021

Die jüngsten Messungen in Memleben, die zwischen dem 10. und dem 17.05.2021 von Mikko Heikkinen auf einer Fläche von 2700 m² durchgeführt wurden¹⁸, erzielten im Bereich des Kirchengrundrisses aussagekräftigere Ergebnisse, wobei es grundsätzlich nicht um bauliche Reste ging. Die Monumentalkirche wurde samt unmittelbarem Umfeld so weit mit GPR prospektiert, wie es aufgehende bauliche Strukturen und gepflasterte Zonen zuließen. Glücklicherweise war die intensive maschinelle Verdichtung einer bis zu 0,23 m mächtigen und 0,50 m tief reichenden, anlehmigen Mineralgemisch- beziehungsweise Kies- und Schotter-Tragschicht unter der rezenten Kiesoberfläche vorab nicht bekannt. Da sie die Durchdringung der Radarwellen behindern kann, wäre sonst von der Untersuchung abgesehen worden¹⁹.

Zur Interpretation eines GPR sind Erfahrungen aus tatsächlichen Grabungsaufschlüssen nützlich. Sie werten es zur weiteren Verwendung auf, denn eine begrenzte oder einmalige illustrative Nutzung schöpft dessen Potenzial nicht aus. Zum Vergleich des GPR und dessen GIS-basiert generierten Radargrammen mit Grabungsergebnissen bedarf es der genauen Verortung der Dokumentationen. Als grabungsinterne Binnengliederung wurde daher für die Erstellung eines autarken Gesamtplans ein am Baukörper orientiertes Quadrantennetz beziehungsweise kartesisches Koordinatensystem angelegt²⁰. Dessen erster Quadrant mit Ausgangspunkt südwestlich der Kirche unterteilt sich in Unterquadranten von 5 x 5 m, die über die alphabetisch von A bis Q aufgeteilte x-Achse/Abszisse sowie die numerisch von 1 bis 8 aufgeteilte y-Achse/Ordinate verortet sind (vgl. Abb. 3)²¹.

Die Wahl in der geeigneten Bandbreite an kurze elektromagnetische Impulse abstrahlenden Sendeantennen fiel auf eine 300-MHz-Antenne. Die auf einem Handwagen montierte, eine Empfangsantenne beinhaltende Geräteanordnung wurde entlang von mit einem differenziellen GPS-System eingemessenen Nord-Süd-Profilachsen oder auch GPR-Messpunktlinien in Abständen von 1 m über die Bodenoberfläche geführt (quasi quer zum Kirchengrundriss (Abb. 2)²². Dieses *Survey Design* ließe sich entsprechend topografischer Gegebenheiten durchaus anders, etwa überkreuzt, gestalten. Die Verortung der

18 Vgl. den geophysikalischen Prospektionsbericht Ottonenkloster Memleben, Akt. Nr. 14822.

19 Auch tonige, tonhaltige und damit bindige Schichten oder Bestandteile im Gestein mit geringem elektrischen Widerstand und starker Dämpfung/Abschirmung der elektromagnetischen Welle bzw. Energieausbreitung sowie Ausbreitungsgeschwindigkeit reduzieren die Erkundungs-/Ausgabetiefe deutlich. Ebenso behindern stark mineralisierte Wässer ein tieferes Eindringen. Die materialspezifischen Ursachen sind über die besonders relevante Dielektrizitätszahl (isolierender Kapazitätenquotient ϵ_r) sowie die Abhängigkeit von der Leitfähigkeit und der magnetischen Permeabilität zwischen Induktion und Feldstärke definiert. Zur Abhängigkeit ermittelter Profile von diesen Eigenschaften vgl. Annan 2009.

20 Die permanente, erhöhten finanziellen und organisatorischen Aufwand erfordernde tachy-

metrische Einmessung war so nicht erforderlich.

21 Die konsistente Einbindung der Untersuchungsflächen ist durch die Georeferenzierung über einen GPS-gestützt und unter Berücksichtigung vermarkter amtlicher Mess- beziehungsweise Festpunkte mit einer elektro-optischen Totalstation angelegten internen Polygonzug sowie mehrere Referenz-/Vermessungspunkte im Umfeld sichergestellt. Für technische Unterstützung bei der Vermessung sei Dipl. Ing. Thomas Jäger, Memleben, gedankt.

22 Eingesetzt wurde ein GPR-System (Konsole/Messcomputer) UtilityScan DF der Firma »Geophysical Survey Systems Inc.« (Sonde GSSI 300/800 DF). Messraster: \uparrow 1 cm, \rightarrow 100 cm, Auflösung 5 cm. Auf Basis einer Hyperbelreflektion beträgt die Geschwindigkeit des Signals auf einer Stelle/einem Datenpunkt ca. 0,073 m/ns.

als Datensätze auch als »Transekten« bezeichneten Messpunktlinien über GPS (meist im Anschluss) gleicht Höhendifferenzen aus. Bezugspunktbasierte analoge Einmessungen, auch unter besten Bedingungen wie mit der halbwegs horizontalen Fläche in Memleben, bedingen dagegen Verzerrungen der Radargramme²³. Entlang der Transekten ermittelte ein Messrad als Hodometer mechanisch die Wegstrecke und löste im Abstand von 1 cm hochfrequente Impulse aus. Die Übertragungszeit der Wellen eines elektrischen Felds, also



Abb. 2a–b Der gepflastert rekonstruierte Grundriss der Kirche des 10./11. Jhs. in Memleben, Burgenlandkreis, während der GPR-Messung (a; vorn im Bild M. Heikkinen) und der ersten Grabungskampagne 2021 (b).

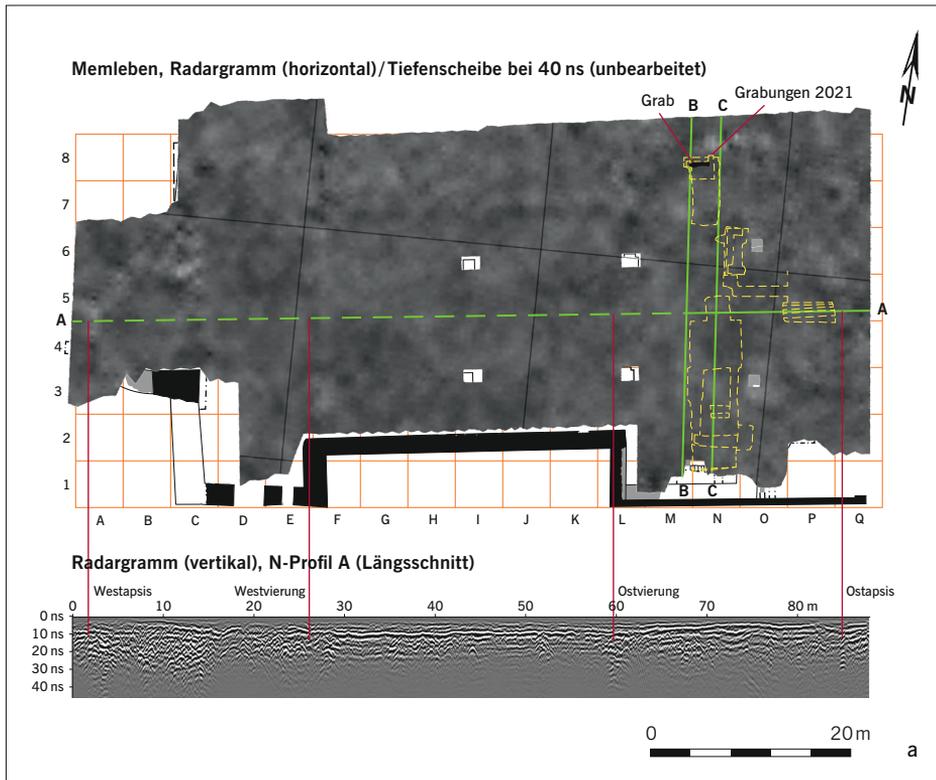
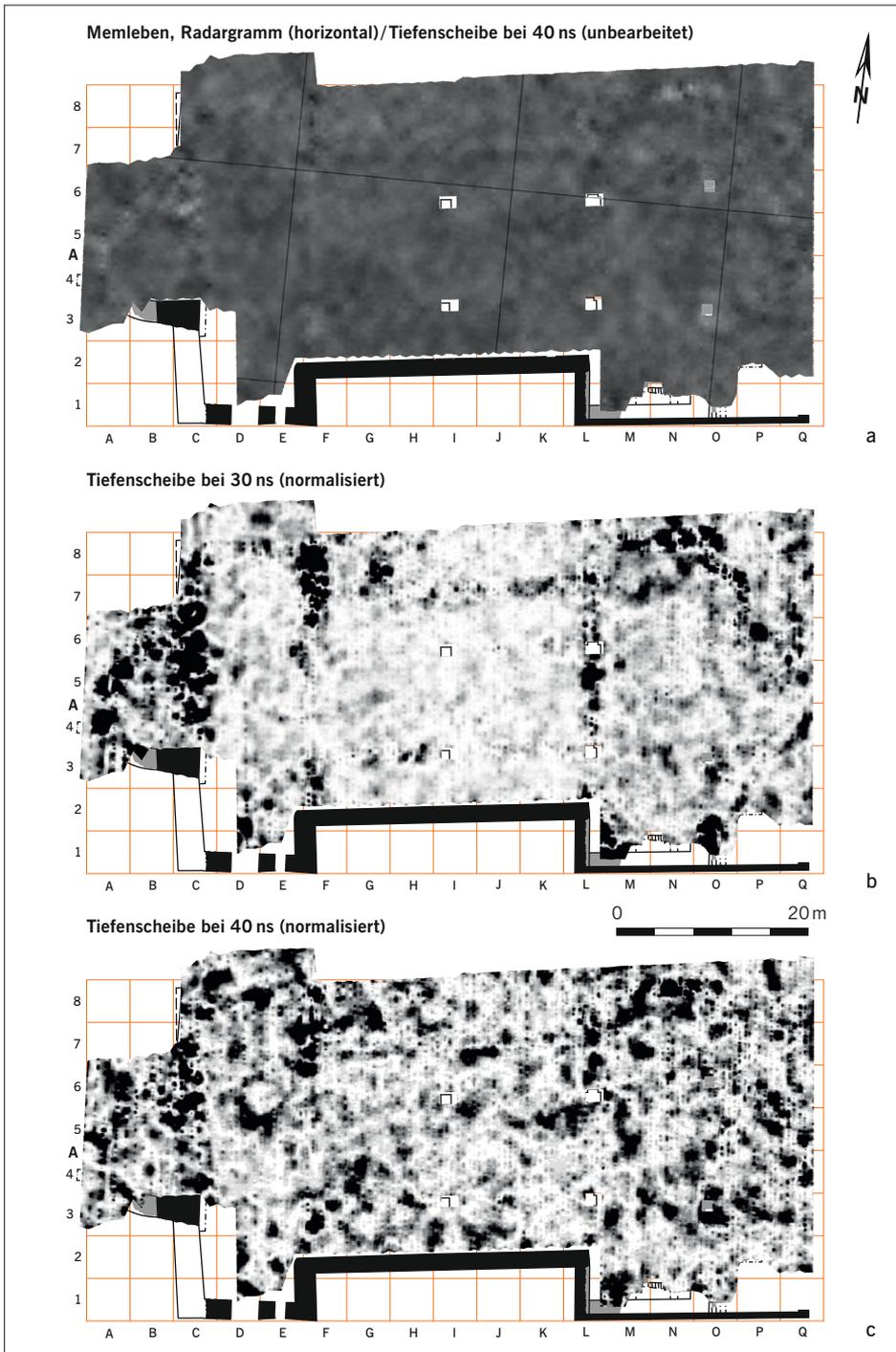


Abb. 3a–b Radargramme (a) des GPR im Bereich der Kirche des 10./11. Jhs. in Memleben, Burgenlandkreis, in Form einer Tiefenscheibe bei 40 ns und eines West-Ost-Schnittes entlang der Mittelachse (grün; vgl. Abb. 6 u. 7) sowie eine Drohnenaufnahme (b) während der Grabung 2021.



das Zeitintervall zwischen ihrem Versand und dem Empfang der Signalspur, betrug maximal 40 Nanosekunden/ns (= Zwei-Wege-Laufzeit [*two-way travel time/TWT*])²⁴. Grenzen zwischen Schichten unterschiedlicher elektrischer Eigenschaften brechen, beugen, streuen oder absorbieren das Signal. Die reflektierten oder transmittierten elektromagnetischen Wellen werden wieder empfangen und dabei die Laufzeit und Amplitude der elektrischen Feldstärke *E* registriert – ein wichtiger Aspekt, um über die Signallaufzeit Auskunft über die Tiefe reflektierender Objekte oder Schichten zu erhalten und diese bei bekannten Vergleichsobjekten gegebenenfalls sogar näher zu bestimmen²⁵. Dazu muss die Wellen-Ausbreitungsgeschwindigkeit als Boden-Variable halbwegs exakt bekannt beziehungsweise bestimmt sein. Archäologische Befunde konterkarieren jedoch homogene Modelle. Bislang sind lediglich Schätzwerte verwendbar, woran nachzubessern ist²⁶. Die Daten werden entlang der Transekten primär als lineare, kontinuierliche Profile mit sich abzeichnenden Störungsoberkanten aufgezeichnet. Objekte ab einer Größe von 5 cm werden dabei in unserem Fall mindestens bis in Tiefen von 1,5 m erfasst.

Die Profile sind lageorientiert in einen 3-D-Datensatz, sozusagen ein Volumen, einzubinden²⁷. Außer gezielt künstlich gewählten Profilen lassen sich aus diesem Volumen Pläne in Form der genannten Tiefscheiben erzeugen²⁸. Solche geophysikalischen Messbilder werden in ein geografisches Informationssystem (QGIS als Open-Source-Software) importiert, mit diesem verwaltet und darüber in topografischen Karten (TK) variabler Maßstäbe konsistent eingebunden visualisiert²⁹. Die flächigen Schummerungsbilder der Tiefscheiben³⁰ geben unterschiedliche, über die Messung allein nicht bewertbare Strukturen wieder³¹, deren Umrisse durch die begrenzte Datenauflösung und die Bildung von abgestuften Mittelwerten jedoch nicht scharf abgebildet sind. Unserem Projekt konnten sie bereits ohne weitere Bearbeitung als Grundlage dienen. Im Nachgang wurde versucht, Beobachtungen auf Tiefscheiben bei 30 und 40 ns stärker herauszuarbeiten beziehungsweise zu »normalisieren«. Dabei erhalten die mit sich selbst multiplizierten/quadierten Mittelwerte eine Umhüllung, die im Bild Störungen ohne inhaltlichen Bezug, das (Bild-)Rauschen bei 0-Messungen unterdrückt und starke Messergebnisse monopolar schwarz darstellt (Abb. 4).

Abb. 4a–c (linke Seite) Überarbeitete Tiefscheiben des GPR in der Kirche des 10./11. Jhs. in Memleben, Burgenlandkreis, bei 30 und 40 ns (normalisiert [b–c] gegenüber der Basisaufnahme bei 40 ns [a]).

23 Vgl. Bristow/Jol 2003 sowie Tillmann/Wunderlich 2012.

24 Die Weite der ausgesendeten Impulse kann zwischen 0,5 ns und 200 ns mit einer Amplitude von 20–5000 V betragen, mit Wiederholfrequenzen von mehr als 100 kHz.

25 Etwa bei Tillmann 2015, 81–83, für persönliche Ausstattungsgegenstände in Schnee getestet.

26 Im besprochenen Fall wurde die Dielektrizitätszahl ϵ_r 16,86 verwendet (vgl. Anm. 19).

27 Zur Aufsummierung der Radarwellen-Reflexamplituden und Auswertung kam das Programmpaket ReflexWin 9.5 von »Sandmeier scientific

software« bzw. »geophysical research«, Karlsruhe, mit verschiedenen Filtern zur Entfernung von Störsignalen zum Einsatz.

28 Zweidimensional berechnete horizontale Schnitte/Radargramme.

29 TK25, Blatt 4734 Wiehe, Gemarkung 2411 Memleben.

30 In einer Rasterauflösung von 10 x 10 cm, die entsprechend der gewählten Tiefen als Tiefschnitte unterschieden sind.

31 Auch wenn das Personal Mess- und Grabungspraxis einbringt.

Ergebnisse von GPR und Grabung

Vor der visuellen Gegenüberstellung von Befunden und Messung sind deren Ergebnisse knapp zusammenzufassen: Gegenüber der Oberflächenpflasterung des rekonstruierten Kirchengrundrisses gibt eine erste Tiefenscheibe bei bis ca. 10 ns eingedrungenen Impulsen Störungen der östlichen Bereiche zu erkennen. Sie sind auf Altgrabungen und Nutzungen während der Zeit als »Volkseigenes Gut« zurückzuführen, als hier ein Maschinenpark bestand. Bereits nach Laufzeiten zwischen 20 und 30 ns wird der Kirchengrundriss wieder grob im Umriss sichtbar, mit Abweichungen im Detail (vgl. Abb. 3a). Ist er bei 40 ns nur noch schwach erkennbar, treten dagegen im Kircheninneren andere Strukturen beziehungsweise Anomalien auf. Es ist dabei von Steinen und Bauschuttuffüllungen auszugehen. Mit zunehmender Tiefe schwächen die Signale ab, was in der Bearbeitungssoftware mit einer manuellen Signalverstärkungskurve teils zu kompensieren ist³². Im Bereich der östlichen Mittelapsis und im Süden des östlichen Querhauses reflektierten anthropogen verursachte Störungen die Signale in der gesamten Durchdringungszone. Im Langhaus werden dagegen unterhalb von ca. 32 ns unter der Geländeoberkante keine weiteren Reflektionen der Radarwellen angezeigt. Befunde sind darunter nicht mehr zu erwarten³³.

Zur Struktur der Kirche lassen die Messungen die Aussage zu, dass die Westapsis gut erhalten ist und sich mit der Rekonstruktion deckt (Quadranten A3 bis C6). Eine Mauerunterbrechung nördlich der Westapsis ist etwas kleiner (Quadranten C6/7). Das Fundament des Nordgiebels des westlichen Querhauses ist in seiner Ost-West-Ausdehnung kaum erkennbar (Quadranten C8 bis E8), wofür Störungen durch rückgebaute Tanks einer Tankstelle verantwortlich sein dürften. Innerhalb der Westapsis liegt eine massive, ihren Hauptteil ausfüllende Struktur. Möglicherweise entspricht dieser etwa viereckige Grundriss der hier vermuteten Krypta³⁴, da Bodeneingriffe zu deren Lokalisierung bislang nur mit kleineren Sondagen entlang der Mauern erfolgten. Die beiden westlichsten der rekonstruierten Pfeiler- beziehungsweise Vierungsfundamente werden sichtbar (Quadranten E3 und E6), was bei allen anderen Pfeilerstellungen nicht der Fall ist (soweit sie der Messung zugänglich waren und nicht durch die aufsitzenden Keramikbüsten der Herrscherfamilie und des Erzengels Michael ausgespart werden mussten³⁵).

Die Nordostwand des Querhauses setzt sich dagegen klar ab und scheint massiv, wenn auch etwas östlicher als rekonstruiert, erhalten zu sein (Quadrant E/F8). Das lange Nordwandfundament des Langhauses ist nur schwach, aber mit erhaltenem Bestand wahrnehmbar (Quadranten F7 bis L7). In der nach Norden versetzten Flucht der Nordwand des östlichen Querhauses erscheint dagegen eine Fehlstelle, die auf eine Beraubung des Fundaments zurückzuführen sein könnte. Dass die östliche Hauptapsis und eine hier angenommene Krypta nicht sichtbar werden, ist auf die Überprägung durch Altgrabungen zurück-

32 Von der Anwendung einer automatischen Gain-Funktion (*energy decay*) in der Bearbeitungssoftware (Tillmann 2015, 81) wurde abgesehen.

33 Theoretisch würden die 32 ns lediglich 1,17 m entsprechen. Der Praxisvergleich belegt die Erfassung von Reflektionen in Tiefen bis 3,15 m.

34 Auf Basis der kleinen Bodenaufschlüsse Leopolds in den Jahren 1959 und 1964/66 vermutete dieser,

dass der Einbau von Krypten in beiden Apsiden lediglich vorgesehen war, aber nicht zur Ausführung kam (vgl. Leopold 1976, 8; 10; 12 sowie Leopold 1998, 40–41 und Leopold 2009).

35 Tonkeramikbüsten des Künstlers Dieter M. Weidenbach, 2018 aufgestellt.

zuführen (Quadranten N3 bis Q6). Die noch nicht ergrabenen Teile der nördlich und südlich anbindenden Seitenapsiden werden dagegen reflektiert. Vor allem zeigt sich, dass ein letztes Nord-Süd-Segment etwas weiter östlich als erwartet liegt und sich hier erhaltener Mauerbestand finden sollte. Außerdem erscheinen schwache Strukturen im Inneren der Querhäuser und entlang der nördlichen Innenseite des Schiffs. Im Osten setzen sie sich etwas stärker ab. Hier vorhandene Mauerzüge sollten schwächer ausfallen als die Kirchengrundamente und sind gegebenenfalls anders zu datieren (während der Grabung bestätigt).

Auf einem bislang unbekanntem Grabungsareal wären diese Beobachtungen geeignet, Untersuchungsflächen festzulegen – was in Memleben künftig geschehen soll. Vorerst erfolgte die Wahl auf Basis der verfügbaren Informationen aus den Altgrabungen (vgl. Abb. 3). Zur Erhaltung einzelner Befunde und von Mauerwerk erwiesen sich diese als qualitativ sehr unterschiedlich und man kann von Glück sprechen, dass 1936 nicht in noch größerem Umfang gearbeitet wurde³⁶. Um mit den aktuellen Eingriffen so wenig wie möglich und nötig in die Befundsituation einzugreifen, sollten vorerst Bereiche des östlichen Querhauses und der den Abschluss der Kirche nach Osten bildenden Mittelapsis erneut geöffnet werden. Also überwiegend bereits in den Altgrabungen erfasste Teile, zu denen das GPR kaum Aufschluss bot. Zur Ermittlung ungestörter Stratigrafien und der Fundamentsituation im Norden des Querhauses wurde ein Erweiterungsschnitt vorgesehen.

Bekannt war, dass im südlichen Querhausbereich weitere Baustrukturen den Kirchengrundriss ergänzen (Quadranten N2 und N3). Ein tief gegründeter Keller durchschnitt hier die komplexe Befundlage älterer Strukturen inklusive dem verhältnismäßig hoch gegründeten Fundament der Nebenapsis³⁷, einer bronzezeitlichen Kulturschicht und einer noch nachweisbaren stichbandkeramischen Pfostengrube. Der Keller entstand im noch wahrnehmbaren Baubestand der Kirche als Unterbau eines neuen Gebäudes und fiel einer Brandzerstörung zum Opfer. Eine niedrige, überwölbte Öffnung hatte man im »großen Kellerraum« zwar 1936 erfasst, das zugehörige Oberflächenniveau aber nicht ermittelt. Die genaue Funktion muss noch offenbleiben. Indizien deuten auf eine Umluftheizung in einem repräsentativ ausgestatteten Wohn- oder Funktionsbau hin³⁸.

Nach Norden erwies sich die Befundlage in den Quadranten N3 und N4 in deren westlicher Hälfte als hochmittelalterlich und frühneuzeitlich sowie in der östlichen als durch die Altgrabungen gestört. Es war erforderlich, unter deren Niveau und dasjenige des GPR vorzudringen, bis sich ausschnittsweise ein horizontales, wohl als Mauerunterlage im Vierungsbereich dienendes Steinbett freilegen ließ³⁹. Es dürfte von einer Abtrennung des Chors mit

36 Überblick bei Stahl 2021, 165–174, wo die Maßnahme noch als »wissenschaftlich-methodisch sauber [...] betrieben« bezeichnet wird (Stahl 2021, 176). Mag hier auch Gerhard Milddenberger unter Anleitung Butschkows Praxiseinstieg erhalten und Paul Grimm eine fachliche Betreuung sichergestellt haben, die in einer Zusammenfassung (Butschkow 1938) vorgelegte Dokumentation ist nach erneuter Öffnung der Altgrabung als oberflächlich zu bezeichnen und nicht mit der Messgenauigkeit und Qualität späterer Untersuchungen wie von Weise vergleichbar.

37 Deutlich über dem Bodenniveau der Krypta unter der Hauptapsis liegend (1,46 m auf 118,218 m

ü. DHHN 92). Trotz teils noch vorhandenem Gipsmörtel qualitativ minderwertig gesetzt, wenn auch weitestgehend der Werksteine beräumt.

38 Außerhalb der Klausur sicher kein Wohnbereich der Mönche, aber im Zusammenhang mit dem Kloster vielleicht für Gerichtsräume oder landesherrlich genutzte Gemächer gedacht. Als *Calefactorium* ist eine Wärmestube innerhalb der Klausur anzunehmen (zu beheizbaren Räumen in Klosterkontext vgl. Cante 2005, 32 am Beispiel Heiligengrabe oder Grönwald 2010, 468 zu Gransee).

39 Absolutes Niveau ca. 115,38 m ü. DHHN 92, 2,80 m unter der rezenten Geländeoberfläche.



Abb. 5 Memleben, Burgenlandkreis. Kirche des 10./11. Jhs. Massiver Fundamentunterbau der Krypta und Ost-Hauptapsis (rechts) sowie höher gelegener, weniger qualitativ und mit Baufuge abgesetzter Unterbau der nordöstlichen Nebenapsis unter Verfüllungen der Altgrabungen.

Kryptazugang beziehungsweise von einem Lettner stammen und entspricht dem Niveau des Kryptaunterbaus unter der östlichen Hauptapsis, auf den gleich zu kommen ist. Damit ergab sich erstmals ein Aufschluss über die Binnengliederung der Kirche.

Von der Krypta selbst und damit der Apsis hat sich ein massiver mehr-, im Scheitel fünfzügiger Fundamentsockel erhalten (Quadrant Q5). Eindrucksvoll sind Qualität und Größe der Werksteinquader, die dem Haupt des Mauerzugs von Krypta und Mittelapsis als Vorlage dienten (Quadrant N/Q5; als Hinweis auf eine ausgeschiedene Vierung angesehen). Anrisse und Mörtelkanten geben auf ihnen die Position des aufgehenden Mauerwerks wieder (Abb. 5). Über sie sind die Verknüpfung der genauen Dokumentationen von Wilfried Weise⁴⁰ und deren absolute Einhängung möglich⁴¹. Die Krypta erwies sich als beräumt und umfangreich mit kleinteiligem Abbruchschutt vom Kernmauerwerk, Mör-

⁴⁰ Grabungen 1980/81; Dokumentation und Bericht »Zusammenfassende Auswertung der Grabungen an der ottonischen Marienkirche in Memleben 1980, 1981 und 1995« im Archiv des Bereichs Baudenkmalpflege (ehem. Institut für Denkmalpflege) des LDA. Herrn Weise sei für die Bereitstellung seiner Informationen, regelmäßige Besuche und die gemeinsame Besprechung der

Grabungsergebnisse gedankt. Ebenso Herrn Reinhard Schmitt als kompetentesten Ansprechpartner zur Baugeschichte des Klosters.

⁴¹ Nivellement Quaderoberkante: 117,20 m ü. DHHN 92. Im Inneren der Apsis ließ sich 1995 ca. 2,50 m östlich ein weiterer Vorlagequader mit etwa 30 cm Versprung nachweisen.

tel und Putz der aufgehenden Wände verfüllt⁴². Verbaubare Steine sind diesem vollständig entnommen. Wie bereits Weise beobachtete, zeichnen sich zwei Abbruchphasen mit den Schuttplanierungen ab und es fehlt eine Oberflächenbefestigung. Fragmente von Alabaster- und Wellenanhydritplatten sprechen aber für die einstige Existenz eines hochwertigen, Überdachung erfordernden Bodens, der vollständig beraubt wurde.

Erstmals ließen sich die Vorlagequader und der Fundamentunterbau des Anschlusses der nordöstlichen Nebenapsis inklusive einem zugehörigen Bauhorizont gleichzeitig freilegen. Zwischen den qualitativ völlig verschiedenen Fundamentunterbauten zeigte sich eine deutliche Baufuge – entsprechend der Gründung der südöstlichen Nebenapsis, die gleichfalls nicht der Hauptapsis entspricht. Wie diese Beobachtungen war auch ein beigabenloses Kopfnischengrab am nördlichen Ende des Querhauses als bislang erste bekannte Bestattung im Innenraum (Quadrant N8) nicht über das GPR zu ermitteln. Dessen naturwissenschaftliche Datierung steht noch aus und wird mit Spannung erwartet, da sie Informationen hinsichtlich abgeschlossener Bauabschnitte und deren Nutzung erhoffen lässt. Das Grab spricht für die Fertigstellung der Kirche und ist bereits hinsichtlich des einstigen, deutlich über der Sohle der geleerten Ostkrypta liegenden Fußbodenniveaus aufschlussreich⁴³. In deren Richtung nach Süden und Südosten sind keine weiteren Gräber in den hier von jüngeren Eingriffen unbeeinträchtigten prähistorischen Kulturschichten zu finden, es wird jedoch nicht das letzte Grab bleiben⁴⁴.

Profilvergleiche

Die im Querhaus nördlich der Vierung ungestörten Bereiche bieten den besten Ansatzpunkt zum Vergleich von Aussagen über das visualisierte GPR mit der Grabungsdokumentation. Geeigneter als die horizontalen Tiefenscheiben sind dafür vertikale Radargramme. Drei aus dem *Survey Design* passend ausgewählte⁴⁵, exemplarische Profilschnitte sollen hier analog-händisch aufgenommenen Profilen gegenübergestellt werden⁴⁶. Zwei liegen im östlichen Querhaus von Süd nach Nord durch die Quadranten M1 beziehungsweise N1 bis über den Rand von N8 hinaus und sind 38,47 sowie 38,17 m lang (B hier als Westprofil und C als Ostprofil dargestellt) (Abb. 6). Sie sind nur 3,10 m voneinander entfernt, um

42 Die sich bis ins Querhaus erstreckende Schuttmenge ist ein Anhaltspunkt für die Fertigstellung und Überwölbung des Bauwerks in diesem Bereich. Er stützt den 2018 mit dem Fund eines Weihsteins mit Inschrift gewonnenen Eindruck, dass die Kirche in zentralen Bereichen fertig und in Benutzung war (vgl. »Bericht zur Durchführung der Lehr- und Forschungsgrabung im nördlichen Bereich der frühmittelalterlichen Kirche beim Kloster Memleben im Sommer 2018«; AN 12357).

43 Höhe Fußbodenniveau rekonstruiert: ca. 118,21 m ü. DHHN 92 (allerdings gekappt bzw. systematisch abgetragen).

44 Unmittelbar nördlich ließ sich eine vergangene Holzspur am Rand des Grabungsareals beobachten, die möglicherweise zu einer Sargbestattung gehört. Der Befund ist in der Kampagne 2022 zu

verifizieren. Entlang der nördlichen Querhaus-Außenwand sind weitere Befunde bzw. der zugehörige Friedhof zu erwarten.

45 Unter Berücksichtigung von in den Tiefenscheiben erkennbaren Strukturen, Grabungsflächen und Beobachtungen in der Befundvergesellschaftung kann die Lage auch völlig unabhängig gewählt und aus dem erwähnten 3-D-Volumen neu berechnet werden. Der Transekten-Abstand sollte dann aber deutlich geringer als 1 m sein.

46 Die Untersuchungsflächen wurden so gewählt, dass sich Ost-West- und Süd-Nord-Profile entlang der Grabungsgrenzen zu Querschnitten durch die Kirche verbinden lassen. Die minimal vom Quadrantenetz abweichende Orientierung der Radargramm-Profile erfordert deren leichte Stauchung für eine exakte Gegenüberstellung.

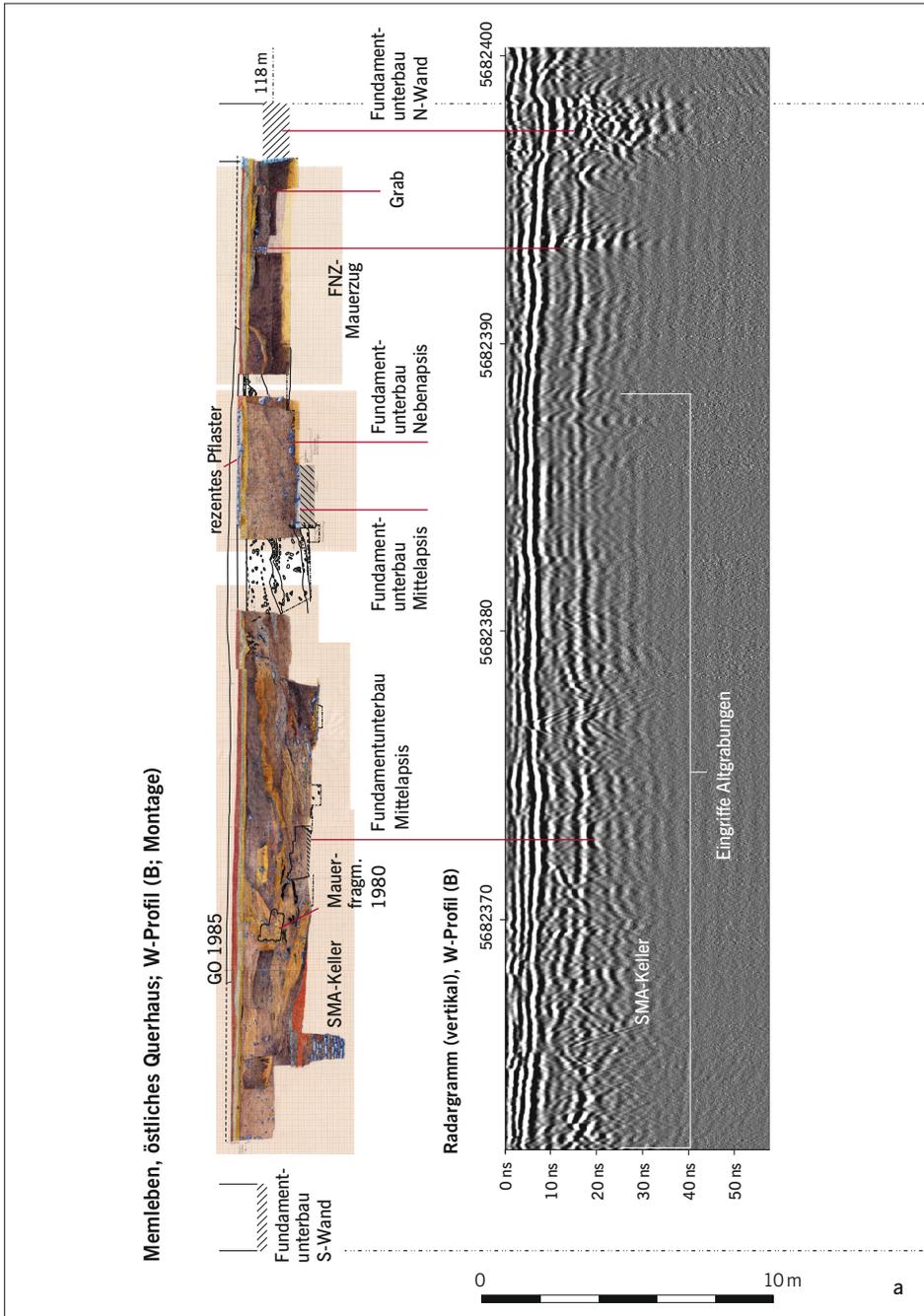
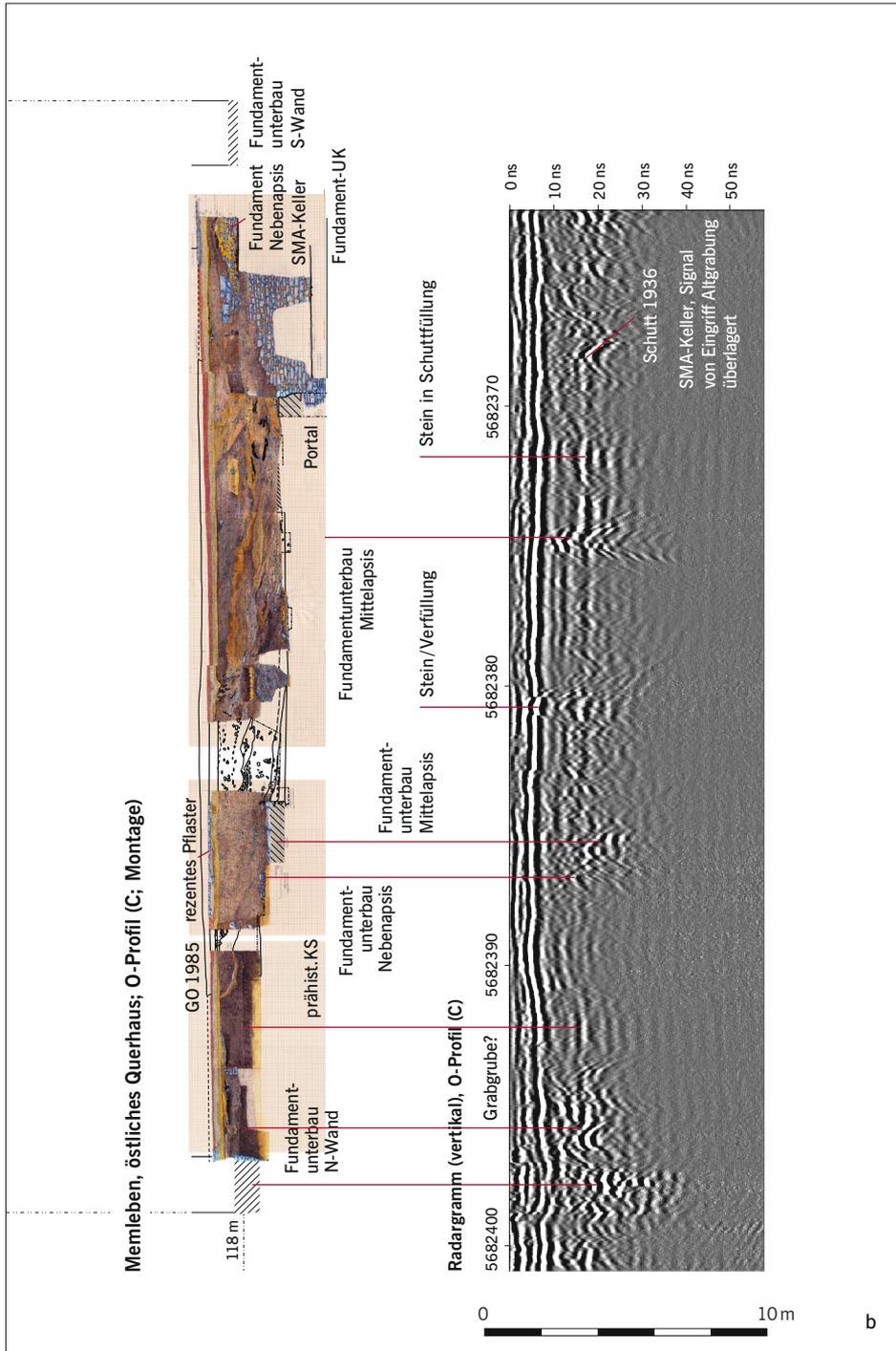


Abb. 6a–b Memleben, Burgenlandkreis. Kirche des 10./11. Jhs. Vergleiche zeichnerischer Profildokumentation (Montagen, partiell gespiegelt) mit adäquaten Radarogramm-Profilen anhand zweier Querschnitte durch das östliche Querhaus. SMA: spätmittelalterlich; KS: Kulturschicht; GO: Geländeoberfläche; FNZ: frühneuzeitlich.



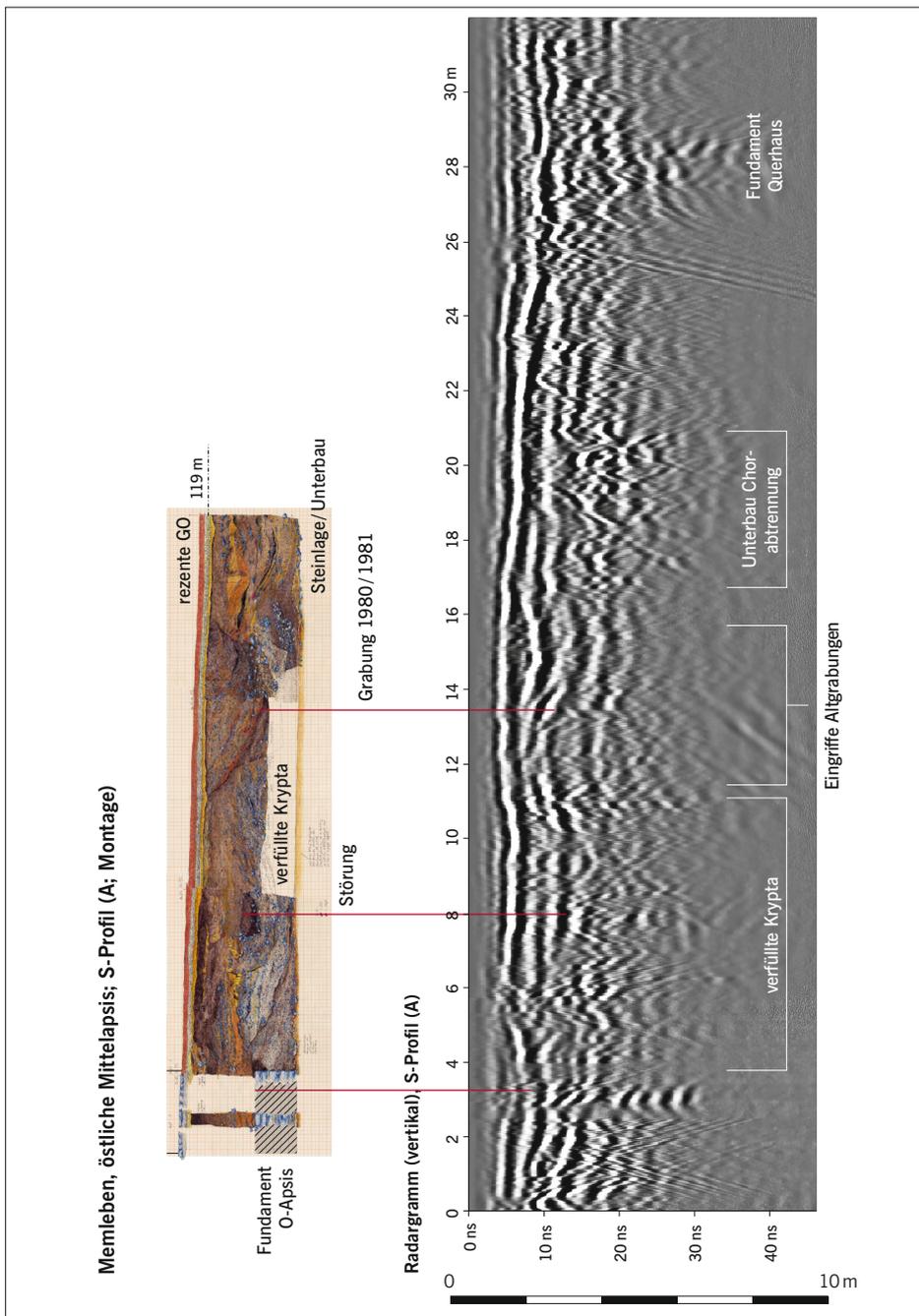


Abb. 7 Memleben, Burgenlandkreis. Kirche des 10./11. Jhs. Vergleich von Abschnitten des West-Ost-Schnittes entlang der Mittelachse in zeichnerischer Dokumentation und Radargramm. Erfasst sind die verfüllte Krypta unter der Hauptapsis im Osten und Teile der Vierung im östlichen Querhaus. GO: Geländeoberfläche.

Bereiche mit Störungen der Altgrabungen und bislang unbeeinträchtigte Befundlagen unmittelbar nebeneinander zu erfassen. Ein drittes Profil (A) entspricht einem Schnitt entlang der Mittelachse der gesamten Kirche mit einer Länge von 84,02 m (vgl. Abb. 3 u. 7). In diesem lassen sich bereits Beobachtungen aus den Süd-Nord-Schnitten anwenden.

Das GPR-Querhaus-Westprofil wird von den Eingriffen der Grabungen von 1936 sowie 1980/81 und einer Nachgrabung 1995 dominiert. So ist der erwähnte spätmittelalterliche Keller im südlichen Viertel durch die deutlich wahrnehmbare Verfüllung der Altgrabungen nicht direkt auszumachen. Die in die zeichnerische Dokumentation integrierten Fundamentunterbauten vom Anschluss der nordöstlichen Nebenapsis an die Hauptapsis konnte das GPR-Profil im nördlichen Bereich seines zweiten Drittels nicht erfassen. Sie liegen nicht auf dieser Profilachse, die hier die ungestörten Straten prähistorischer Kulturschichten in ihrer horizontalen Lage wiedergibt. Exakt lokalisiert sind zwei Mauerzüge: eine kleine neuzeitliche Trockenmauer und das erwähnte Fundament des Nordgiebels des östlichen Querhauses. Dieses stellt sich in der Messung leicht abweichend von der oberirdisch gepflasterten Grundrissrekonstruktion dar, was die Grabung mit einem Versatz von 20 cm nach Norden bestätigte. Die unmittelbar davor liegende Reflektion gehört zu einem mit Ziegeln abgedeckten Kabelgraben. Da er das Kopfnischengrab überlagert, lässt sich nicht sagen, ob es das GPR aufzeichnete. Im benachbarten Radargramm (Ostprofil) werden die beiden Mauerverläufe deutlich, zudem die Fundamentunterbauten der mittleren Apsis mit den daran anbindenden Baubefunden der Nebenapsiden. Die Verfüllung des spätmittelalterlichen Kellers stellt sich durch die Störungsoberkanten mehrerer großformatiger, umgelagerter Steine weniger homogen dar⁴⁷.

Vom Längsschnitt durch den Kircheninnenraum erfasste die Grabung 2021 in drei versetzt angelegten Schnitten nur einen 15 m langen östlichen Abschnitt (hier in einem Südprofil kombiniert und einem 32 m langen Ausschnitt des GPR-Längsschnitts gegenübergestellt) (Abb. 7). Das massive Fundament im Scheitel der östlichen Hauptapsis ermittelte bereits die Messung, wenn auch durch Überlagerung mit schutthaltigen Planierungshorizonten nicht so deutlich wie bei der Westapsis. Gegen die bislang mitunter vertretene Hypothese einer unvollendet aufgegebenen Baustelle spricht das ebene Niveau des Kryptabodens unter der Apsis. Das aufliegende Material behinderte dessen Erfassung im GPR. Da auch die Altgrabungen diesen Horizont bislang nicht in seiner Durchgängigkeit erschlossen, erwies sich gerade hier die erneute Sondierung und in der Zeichnung partiell ergänzte Aufnahme als unbedingt erforderlich. Nach Westen unterbricht im Radargramm das Signal einer Steinlage auf dem Bodenniveau die verfüllten Grabungsschnitte. In Quadrant N₄ durch die Begrenzung und Sicherung des aktuellen Eingriffs nur ausschnittsweise erfasst, scheint es sich um einen Unterbau einer baulichen Abtrennung des Chorbereichs, wie einen Lettner mit Zugang zur Krypta in der Vierung des Querhauses, zu handeln. Der nächste massive Baubefund ist in etwa 25 m Entfernung vom Scheitel der Apsis anzutreffen. Möglicherweise ein Unterzug für eine in das östliche Querhaus führende Bogenkonstruktion, der auch Pfeiler- oder Säulenstellungen getragen haben kann. Genauere Aufschlüsse werden hier die künftigen Erweiterungen der Untersuchungsflächen ergeben. Dass sie weitere, umfangreiche Informationen zur Ent-

47 Die Lage der geborgenen Steine ging in die Plansdokumentation ein.

wicklung der Kirche liefern, macht der GPR-Längsschnitt bis durch die Westapsis deutlich. Die bisher geprüften Befunde lassen hier mehrere das Schiff querende Fundamente und mindestens zwei weitere Steinlagen/Pflaster erwarten. Eines sollte, adäquat zum östlichen, einen Zugangsbereich in Richtung der Westkrypta in der dortigen Querhausverankerung markieren. Die bereits benannte Struktur innerhalb der Apsis wird Aufschluss zur Ausführung der Westkrypta liefern, die bislang hypothetisch als nicht ausgeführt gilt (Leopold 1976).

Zusammenfassung und Ausblick

Die Fortsetzung der Grabungen im Kloster Memleben ist bereits geplant, vorläufig noch im Rahmen der bisherigen Kampagnen. Das zuletzt besprochene westliche Querhaus und die Westapsis werden trotz der hier offenen, Eingriffe erfordernden Fragestellungen nicht zuerst im Fokus stehen. Die flächige Erweiterung der Sondage im Norden des östlichen Querhauses sowie die Erfassung von dessen Außenbereichen haben Priorität. Das GPR lieferte archäoprognostisch aussagekräftige, im Befund zu bestätigende Informationen. Die Radarvermessung von insgesamt 6679 m² im Bereich des Klosters und ehemaligen Gutskomplex Memleben liefert somit beste Voraussetzungen, weitere Maßnahmen vorzubereiten. Aus dem Datenbestand sind dafür gezielt Profile zu extrahieren und sich abzeichnende Strukturen bei der Schnittplanung und Eingriffsumsetzung zu berücksichtigen. So lässt sich eine unnötige Beeinträchtigung von Befunden bei der Freilegung vermeiden. Für die detaillierte, unmittelbar den Eindruck der Befundlage sowie die stratigrafische Abfolge erfassende und gleichzeitig interpretierende Dokumentation ist die grafische Erfassung unerlässlich⁴⁸. Die geophysikalische Prospektion ist kein ergänzender Bestandteil der archäologischen Feldforschung. Beide sind bildgebende Verfahren. Ersteres ermöglicht die gezieltere Umsetzung von Eingriffen, was sowohl hinsichtlich bodendenkmalpflegerischer als auch wirtschaftlicher Aspekte den verstärkten Einsatz empfiehlt. Durch die Zusammenschau der Ergebnisse ist es möglich, Prospektionsergebnisse besser zu interpretieren und die Darstellungsqualität über die Einbindung in großformatige topografische Karten hinaus deutlich aufzuwerten.

Die vorgestellten Ergebnisse demonstrieren, dass bereits der erste Schritt bei der Wiederaufnahme der archäologischen Untersuchung der ottonenzeitlichen Monumentalkirche Memlebens von Erfolg gekrönt war. Es lassen sich Antworten zu den bislang offenen Fragen zur Geschichte und Entwicklung des Baukörpers finden. So ist bereits festzuhalten, dass er tatsächlich so weit bestand, um in Funktion genommen werden zu können. Aufgrund der Form und den Ausmaßen ist von einer geschlossenen Bauplanung zur Errichtung der Basilika auszugehen. Sie ließ sich allerdings nicht in einem Zug errichten. Die östliche Hauptapsis sollte samt überwölbter Krypta so weit fertiggestellt gewesen sein,

48 In Form zeichnerischer Dokumentation entsprechend der Vorgaben des LDA zur Anfertigung archäologischer Dokumentationen im Land Sachsen-Anhalt (Stand 21.10.2008) neben der standardisierten fotografischen Aufnahme. Digitale Erfassungen können die Arbeit am Befund beschleunigen. Der nicht unerhebliche (Zeit-)Auf-

wand der Nachbearbeitung bzw. Aufbereitung ist jedoch hinsichtlich Bildverzerrung, Nachdigitalisierung von Befundgrenzen, Extrahierung von Orthofotos aus *Structur from Motion*-Dokumentationen oder von mit Laserscanner aufgenommenen 3-D-Punktwolken inklusive der Datenverwaltung und -pflege zu berücksichtigen.

wie es das im Westen aufgehend erhaltene Mauerwerk nahelegt. Die von ihr unterscheidbare Fundamentqualität der Nebenapsiden verdeutlicht zeitlichen Versatz bei der Errichtung in mehreren Bauabschnitten und zwingt dazu, auch statische Probleme als Ursachen für die Aufgabe der Kirche in Betracht zu ziehen. Wesentlich ist und bleibt, die Datierung der Baumaßnahmen, der Nutzung und der Abbruchphasen näher einzugrenzen beziehungsweise festzustellen.

Summary

Signals and Spades. Sounding out the potential within the memorial church of the Ottonians in Memleben

Memleben Monastery is the subject of a cooperation project between the State Office for Heritage Management and Archaeology Saxony-Anhalt, the Memleben Monastery and Imperial Palace Foundation, the Institute for Art History and Archaeologies of Europe (Martin-Luther-University), and the Anhalt University of Applied Science. The monumental church of the Ottonians (82.0 x 39.5 m) has been a focal point since 2021. Smaller excavations in 1936, 1959, 1964/66, 1980/81, and 1995 have been expertly evaluated with regard to the reconstruction of the building, but prompted questions concerning the foundation, development, building phases and details, as well as the reasons for and the date of abandonment. Prior to the re-opening of old excavation trenches and areas not previously examined, a ground-penetrating radar (GPR) survey provided information on the surviving structures. The results are compared here with documentation of archaeological sections from the excavation. The aim is to present the archaeological application of the GPR method and to challenge its potential with regard to issues of ancient monument preservation. Besides, the results of the excavation are mentioned, which prove a completion and actual use also as a burial church. They enhance the interpretation possibilities of the GPR. Both serve to prepare further worthwhile measures.

These are imperative in view of the comparability of still unclear details at Memleben with the most important central European major church buildings of the 10th and 11th centuries and the current research focus on the Ottonian period of rule.

Literaturverzeichnis

Annan 2009

A. P. Annan, Electromagnetic Principles of Ground Penetrating Radar. In: H. M. Jol (Hrsg.), Ground Penetrating Radar. Theory and Applications (Amsterdam u. a. 2009) 3–40.

Blindow u. a. 1997

N. Blindow/H. Petzold/T. Richter, Bodenradar. In: K. Knödel/H. Krummel/G. Lange (Hrsg.), Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten 3. Geophysik (Berlin u. a. 1997) 369–404.

Bristow/Jol 2003

C. S. Bristow/H. M. Jol (Hrsg.), GPR in sediments: advice on data collection, basic processing and interpretation, a good practice guide. In: C. S. Bristow (Hrsg.), Ground Penetrating Radar in Sediments. Geol. Soc. Special Pub. 211 (London 2003) 9–27.

Butschkow 1938

H. Butschkow, Was brachten die Grabungen nach der Kaiserpfalz Memleben? Nachrbl. Dt. Vorzeit 14, 1938, 81–82.

Cante 2005

M. Cante, Bettelordensklöster in der Mark Brandenburg. Brandenburg. Denkmalpfl. 14,2, 2005, 4–60.

Forkmann 2006

B. Forkmann, Geschichte, Grundlagen und Zukunft des GPR. In: Deutsche Geophysikalische Gesellschaft (Hrsg.), DGG-Kolloquium Georadar, Bremen, den 8. März 2006. Grundlagen, Einsatzmöglichkeiten, Ergebnisse und Forschungsbedarf. 66. Jahrestagung der Geophysikalischen Gesellschaft. Mitt. Dt. Geophys. Ges., Sonderbd. 2006,2 (Potsdam 2006) 3–21.

Grönwald 2010

H. Grönwald, Praktische Mittelalter- und Neuzeitarchäologie. Die Untersuchungen im Franziskanerkloster Gransee und neue Ansichten des alten Klosters. In: C. Theune/F. Biermann/R. Struwe/G. H. Jeute (Hrsg.), Zwischen Fjorden und Steppe. Festschrift für Johan Callmer zum 65. Geburtstag. Internat. Arch. Studia honoraria 31 (Rahden/Westf. 2010) 461–476.

Grönwald 2019

H. Grönwald, Die Memlebener Pfalz – Überlegungen zur Relevanz der Suche nach einem mythischen Ort und eine neue Lagebestimmung. Memlebener Hefte I, 2019, 47–73.

Leopold 1976

G. Leopold, Das Kloster Memleben. Das christliche Denkmal 96 (Berlin 1976).

Leopold 1998

G. Leopold, Archäologische Ausgrabungen an Stätten der ottonischen Herrscher (Quedlinburg, Memleben, Magdeburg). In: G. Althoff/E. Schubert (Hrsg.), Herrschaftsrepräsentation im ottonischen Sachsen. Konstanzer Arbeitskreis für Mittelalterliche Geschichte: Vorträge u. Forsch. 46 (Sigmaringen 1998) 33–76.

Leopold 2009

G. Leopold, Die Kirche des 10. Jahrhunderts in Memleben. In: H. Wittmann (Hrsg.), Memleben. Königspfalz – Reichskloster – Probstei². Begleitpublikation zur historischen Dauerausstellung »Memleben – Sterbeort Kaiser Ottos des Großen« (Petersberg 2009) 135–144.

Rabbel u. a. 2015

W. Rabbel/D. Wilken/T. Wunderlich/S. Bödecker/H. Brückner/J. Byock/C. von Carnap-Bornheim/H. Kennecke/M. Karle/S. Kalmring/S. Messal/T. Schmidts/M. Seeliger/M. Segsneider/D. Zori, Geophysikalische Prospektion von Hafensituationen – Möglichkeiten, Anwendungen und Forschungsbedarf. In: T. Schmidts/M. Vucetic (Hrsg.), Häfen im 1. Millennium AD. Bauliche Konzepte, herrschaftliche und religiöse Einflüsse. Plenartreffen im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms »1630 – Häfen von der Römischen Kaiserzeit bis zum Mittelalter« im Römisch-Germanischen Zentralmuseum Mainz, 13. bis 15. Januar 2014. RGZM-Tagungen 22 (Regensburg 2015) 323–340.

Schmitt 2001

R. Schmitt, Memleben. Grundrissdarstellung der ottonischen Kirche. Denkmalpfl. Sachsen-Anhalt 9, 2001, 141–142.

Schmitt 2010

R. Schmitt, Die ottonische Klosterkirche in Memleben – Forschungsstand und Ausblick. In: B. Heinicke/C. Schuffels (Hrsg.), Walbecker Forschungen (Petersberg 2010) 149–171.

Schmitt 2013

R. Schmitt, Die beiden Klöster in Memleben³. Steko-Kunsthüter 42 (Dössel 2013).

Stahl 2021

A. Stahl, Heinrichskult und Ahnenerbe – Instrumentalisierte Grabungen zur NS-Zeit in Quedlinburg und Memleben 1936/37. Memlebener Hefte 2020,2 (2021) 126–189.

Tillmann/Wunderlich 2012

T. Tillmann/J. Wunderlich, Ground-penetrating radar in coastal environments: Examples from the islands Sylt and Amrum. Bremer Beitr. Geographie u. Raumplanung 44, 2012, 60–76.

Tillmann 2015

T. Tillmann, Welches Potential bietet das Georadar (GPR) als Methode zur Ortung von Lawinenerschüttungen? In: A. Fekete/C. Grinda/C. Norf (Hrsg.), Macht allein Schaden klug? Wissen, Erfahrung und Lernen im Umgang mit Risiken. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis zum 27. Treffen des Arbeitskreises Naturgefahren/Naturrisiken. Integrative Risk and Security Research 3/2015 (Köln 2015) 79–87, <<https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:832-opus4-1549>> (11.07.2022).

Utsi 2017

E. C. Utsi, Ground Penetrating Radar: Theory and Practice (Oxford 2017).

Open Access

Dieser Artikel steht auch im Internet zur Verfügung: <https://www.propylaeum.de/publizieren/propylaeum-ejournals/propylaeum-ejournals-a-z/>. Die elektronische Langzeitarchivierung erfolgt durch die UB Heidelberg.

Abbildungsnachweis

- | | | | |
|---|--|-----|--|
| 1 | Plan: H. Grönwald; GPR 2017: C. Hübner; GPR 2021: M. Heikkinen | 4 | Verf. |
| 2 | H. Grönwald | 5 | H. Grönwald |
| 3 | Verf.; Drohnenaufnahme: T. Jäger | 6–7 | Zeichnung: H. Grönwald;
GPR: M. Heikkinen |

Anschriften

Dr. phil. Holger Grönwald M. A.
Krenkelstraße 12
01309 Dresden
Deutschland
groenwald3@gmail.com

Mikko Heikkinen M. A.
Morlstraße 2
06118 Halle (Saale)
Deutschland
mheikkinen@lda.stk.sachsen-anhalt.de