



(a)



(b)



(c)

1

Das Bodenradargerät GSSI SIR-4000 im Einsatz mit unterschiedlichen Antennen: (a) 200 MHz, (b) 350 MHz, (c) 900 MHz (Fotos: Referat Z V – Zentrallabor & Geo-Erkundung, BLfD).

Roland Linck

Bodenradarmessungen

Zerstörungsfreies Mittel der archäologischen Forschung

Die moderne Geophysik bietet eine Vielzahl zerstörungsfreier Prospektionsmethoden für die Detektion und Kartierung untertägiger archäologischer Strukturen. Dies macht den Fachbereich für Denkmalämter und die archäologische Forschung heute unverzichtbar. Mittlerweile hat er sich von einer bloßen Hilfswissenschaft zu einem eigenständigen Forschungsbereich entwickelt. Nahezu jedes moderne archäologische Grabungsprojekt beginnt heutzutage mit einer möglichst umfassenden geophysikalischen Prospektion. Das Ergebnis ermöglicht es in der Regel nicht nur, einen Plan der gesamten Fundstelle zu erstellen, sondern liefert auch Informationen zu ihrem Aufbau, ihrer Funktion und zu ihrem Erhaltungszustand. Zugleich lassen sich neue wissenschaftliche Fragestellungen aus den Ergebnissen geophysikalischer Messungen ableiten und potentielle Ausgrabungen optimieren.

Aus der Vielzahl an Verfahren der angewandten Geophysik haben sich drei Methoden für die archäologische Prospektion bewährt: Neben der Magnetik als passivem Verfahren sind dies die Elektrik und das Bodenradar als aktive Verfahren. Passive Verfahren nutzen dabei eine anthropogen verursachte Änderung in einem natürlichen Feld, wie beispielsweise dem Erdmagnetfeld. Bei aktiven Verfahren wird das Nutzsignal künstlich erzeugt und die durch die archäologischen Strukturen erzeugten Veränderungen werden aufgezeichnet.

Die geophysikalische Prospektion wird bereits seit den frühen 1980er Jahren standardmäßig am Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege (BLfD) eingesetzt. Erste Testmessungen, deren Daten bis heute im Original vorliegen,

datieren sogar zurück bis in die 1960er Jahre. Während der Fokus in den ersten Jahrzehnten auf Magnetikmessungen lag, werden seit 2008 auch vermehrt Radarmessungen durchgeführt. Heute sind die beiden Verfahren in etwa gleich häufig in den jährlichen Projekten vertreten. Bereits seit 1982 bietet das BLfD die einmalige Chance, dass zwei Geophysiker:innen fest angestellt sind. Dies ermöglicht es, die Messdaten nicht nur archäologisch auszuwerten, sondern auch aus geophysikalischer Perspektive im Hinblick auf die Materialeigenschaften und den physikalischen Ursprung der Anomalien. In diesem Beitrag soll exemplarisch näher auf das Verfahren des Bodenradars eingegangen werden.

Einführung in Bodenradar

1. Methodische Grundlagen

Das Bodenradar (Englisch *Ground Penetrating Radar* [GPR]) stellt eine aktive geophysikalische Prospektionsmethode dar. Zur Messung im Bereich der archäologischen Prospektion werden elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich zwischen 200 MHz und 2 GHz mittels einer Sendeantenne in den Untergrund abgestrahlt. Der an Strukturänderungen und Störkörpern reflektierte Teil dieser Wellen wird anschließend durch eine Empfangsantenne wieder aufgezeichnet. Für eine erfolgreiche Anwendung des Verfahrens muss deshalb eine signifikante Materialänderung im Boden vorliegen. Aus diesem Grund wird das Bodenradar meist zur Detektion von Steinbefunden eingesetzt.

Die Reflektivität hängt vor allem vom Untergrundmaterial und der Bodenfeuchtigkeit ab, die physikalisch durch Leitfähigkeit

und Dielektrizitätszahl beschrieben werden. Beide Faktoren bestimmen zudem die Eindringtiefe der Wellen in das Material. Letztere ist jedoch auch von der verwendeten Antennenfrequenz abhängig. Dabei gilt, dass die Wellen umso tiefer eindringen, je niedriger die Frequenz ist. Da jedoch zugleich die Auflösung mit höherer Frequenz zunimmt, muss vor jeder Messung ein Kompromiss zwischen den beiden Faktoren gefunden werden, um die zu erwartenden archäologischen Befunde ideal detektieren zu können.

Der Vorteil des GPR gegenüber den anderen Verfahren liegt darin, dass zum einen auch eine Messung auf versiegelten Flächen möglich ist und zum anderen die Signallaufzeit einen Hinweis auf die Tiefenlage der archäologischen Befunde gibt.

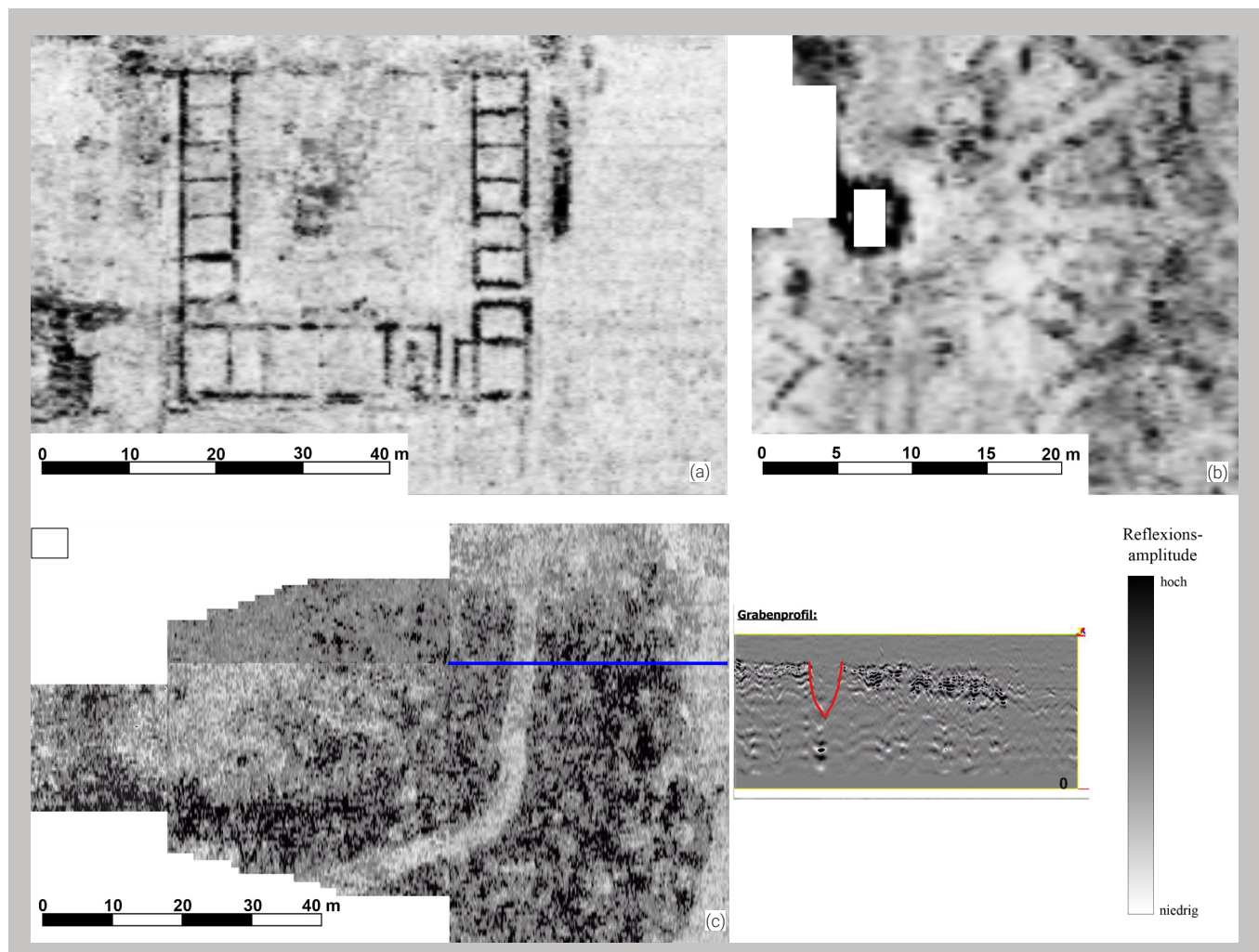
2. Verwendete Messanordnung

Bei dem am BLfD eingesetzten Radargerät GSSI SIR-4000™ handelt es sich um ein Impulsradargerät, d. h. die Tiefe der aufgelösten Befunde berechnet sich aus der doppelten Laufzeit der Wellen im Boden. Die beiden Sende- und Empfangsantennen sind hierbei in einer sogenannten *common-offset*-Anordnung zusammengefasst und nach oben und den Seiten gegen Störreflexionen abgeschirmt. Bei dieser Anordnung werden die beiden Antennentypen immer im gleichen Abstand gehalten und gemeinsam über die Messfläche bewegt. Je nach Größe der zu erwartenden Befunde (= Auflösung) und der Befundtiefe stehen unterschiedliche Antennen mit Frequenzen von 200 MHz (Abb. 1a), 350 MHz (Abb. 1b) und 900 MHz (Abb. 1c) zur Verfügung. Während die nieder-

frequente Antenne nur zur Bestimmung von Schichtgrenzen geeignet ist, findet die mittelfrequente Antenne ihren Haupteinsatz bei der Untersuchung von archäologischen Strukturen auf landwirtschaftlichen Flächen. Für sehr kleine, oberflächennahe Befunde oder bei Messungen in Innenräumen wird aus Platzgründen zumeist die hochfrequente Antenne gewählt.

Obwohl heutzutage vermehrt GPR-Mehrkanalapparaturen auf den Markt kommen, setzt unsere Arbeitsgruppe weiterhin auf das oben beschriebene Einkanalssystem. Die Gründe hierfür sind vielfältig: Zum einen muss die Antenne aus methodischen Gründen immer flächigen Kontakt zum Untergrund besitzen. Da Mehrkanalantennen aber eine Breite von 1–2 m besitzen, kommt es auf landwirtschaftlich genutzten Arealen, die den Großteil unserer Messflächen darstellen, schnell zu Problemen, da aufgrund des unebenen Untergrunds Teilbereiche der Antenne in der Luft sind und damit kein Signal in den Boden gelangen kann. Zudem sind derartige Antennenarrays deutlich schwerer und können nur mehr motorisiert, z. B. hinter einem Quad oder ATV (*all-terrain vehicle*, Deutsch: Geländefahrzeug), bewegt werden. Dies stellt aber für viele Landbesitzer in Bayern einen Ausschlussgrund dar und sie erlauben nur eine Betretung mit den wesentlich leichteren

2a–c Beispiel für Messergebnisse. (a) Steinmauern einer römischen *principia* (Stabsgebäude); (b) neuzeitliche Gartenanlage in Sternform; (c) verfüllter mittelalterlicher Graben, die blaue Linie markiert die Lage des Profils rechts daneben (Abbildungen: Roland Linck, BLfD).



handgestützten Messsystemen. Da zudem die Ackerschläge in Bayern im Schnitt nur wenige Hektar groß sind, treten auch schnell Probleme mit dem Rangieren motorisierter Anordnungen auf. Wir haben uns zudem dafür entschieden, das GPR-System nicht mit einem GNSS-Empfänger zur Messpunktlokalisierung auszustatten, da unsere Radarmessflächen oft nahe an Gebäuden oder Bäumen liegen, sodass Probleme mit dem Satellitenempfang auftreten können. Zudem stellen die in den GNSS-Empfängern verbauten Mobilfunkmodule zur RTK-genauen Korrektur eine Störquelle dar, da sie in exakt demselben Frequenzbereich wie die Radarantenne operieren.

Auswahl an geeigneten Messflächen

1. Archäologische Befundgattung

Wie oben erwähnt, wird das GPR zumeist zur Detektion von Steinmauern im Untergrund eingesetzt, da hierbei der Materialkontrast und damit der Reflektionskoeffizient maximal sind. So lassen sich insbesondere bei Gebäudefundamenten römischer, mittelalterlicher und neuzeitlicher Zeitstellung aussagekräftige Ergebnisse erzielen (Abb. 2a). Auch ehemalige Straßen und Wege, Gartenanlagen (Abb. 2b) sowie Gewölbehohlräume können zumeist gut detektiert werden. Schwieriger sieht es hingegen mit verfüllten Gräben aus. Diese lassen sich nur unter idealen Bedingungen erkennen, wenn die Verfüllung mit einem anderen Material erfolgte oder einen Dichteunterschied zur Umgebung aufweist (Abb. 2c). So gut wie gar nicht lassen sich verfüllte Gruben, Pfostenstellungen und Gräber nachweisen, da hier, zumindest in Bayern, der Materialunterschied nicht groß genug ist.

2. Flächenbeschaffenheit

Insgesamt gilt hier, dass die zu messende Fläche auf so wenige Flurstücke wie möglich aufgeteilt sein sollte, da anderenfalls eine zeitgleiche Begehrbarkeit aller Teilbereiche erfahrungsgemäß nicht oder nur schwer realisierbar ist. Generell sind Messungen nur im freien Feld möglich, da die Messareale in exakt parallelen Spuren abgelaufen werden müssen. Deshalb sind Messungen im Wald nicht durchführbar. Bezüglich der Flächengröße lässt sich festhalten, dass mit der von uns gewählten Messanordnung ein zusammenhängendes Areal zwischen 20 m x 20 m und 70 m x 70 m Größe erfasst werden kann. Bei kleineren Flächen gibt es bei der Datenauswertung Probleme mit zu großer Interpolation zwischen den Messspuren. Größere Flächen sind nicht mehr an einem

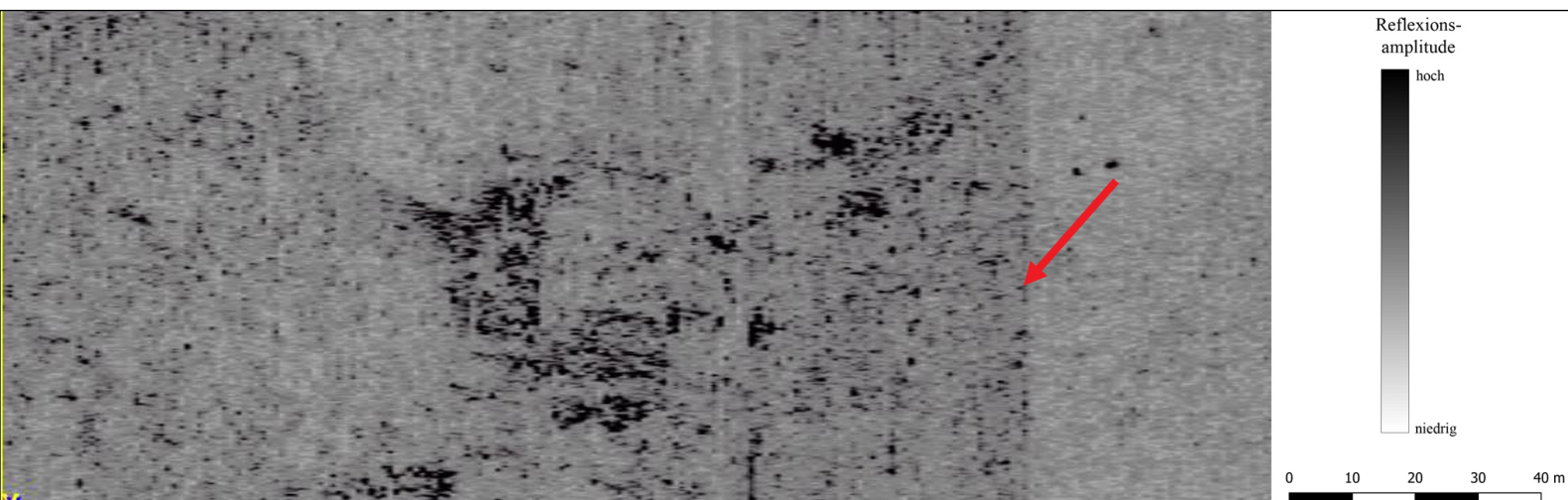
Arbeitstag erfassbar und es treten deshalb potentielle Probleme mit sich ändernder Bodenfeuchte auf, die dazu führen können, dass die Daten nicht mehr verarbeitbar werden (Abb. 3). Die Messfläche sollte sich zudem in rechteckige Areale unterteilen lassen, um die oben angesprochenen parallelen Profile zu ermöglichen. Wünschenswert sind auch so wenige Hindernisse innerhalb der Messfläche wie möglich, da einzelne, kleinere Objekte, wie einzeln stehende Bäume o. Ä., zwar umfahren werden können, jedoch einen extremen Mehraufwand in der Datenverarbeitung bedeuten.

Auch die Topographie einer Messfläche besitzt einen Einfluss auf die Bodenradarmessungen. Denn im Falle einer starken Hangneigung werden die elektromagnetischen Wellen nicht wie üblich senkrecht in den Boden abgestrahlt, sondern in schräger Einfallsrichtung. Damit stammt die zugehörige Reflexion auch nicht von einem Befund direkt unter, sondern von der Seite. Die in den Daten angezeigte Position ist deshalb nicht zu 100 % korrekt, sondern vertikal projiziert (Abb. 4). Neben einer Abweichung in der exakten Lage des Befundes, kommt es somit auch zu einer gewissen Über- bzw. Unterschätzung der Größe einer archäologischen Struktur.

Hinsichtlich des geologischen Untergrundes und des Bodens der Messflächen ist zu beachten, dass die Messung problematisch wird, wenn der Untergrund sehr staunass oder stark tonig ist. Denn eine erhöhte Bodenfeuchte und Leitfähigkeit behindern das Eindringen der elektromagnetischen Wellen in den Boden. Jedoch zeigen unsere Erfahrungen, dass teilweise sogar bei Bodenfeuchten von 40–50 Vol% noch aussagekräftige Daten erhoben werden können. Man muss in diesem Fall jedoch mit Einbußen in der Datenqualität und Eindringtiefe rechnen, sodass nur oberflächennahe archäologische Befunde detektiert werden können. Der ideale Zeitraum für Bodenradarmessungen liegt deshalb, je nach Witterung, in der Regel zwischen April und September.

Die Oberfläche für GPR-Messungen muss glatt und eben sein, da anderenfalls erneut die Grundvoraussetzung eines

- 3 Durch Gewitter während Messzeitraum bedingter Bodenfeuchteunterschied zeigt sich als deutliche Störung in den Daten. Der rote Pfeil markiert den Beginn der Messung nach dem Gewitter, welche auf der rechten Seite der Abbildung dargestellt ist. Der Effekt verstärkt sich noch bei Messung an unterschiedlichen Tagen (Abbildung: Roland Linck, BLfD).



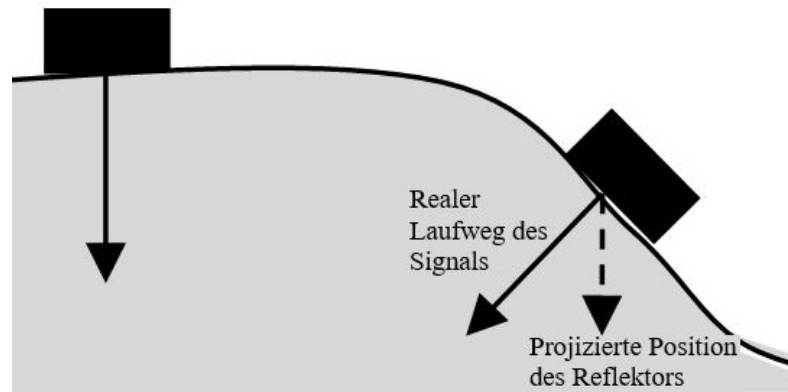
dauerhaften, flächigen Kontakts der Antenne mit dem Untergrund nicht mehr erfüllt ist. Für Ackerflächen bedeutet dies jedoch, dass sie nur bedingt und kurz nach der Aussaat messbar sind, da nur dann ein ebener Untergrund vorliegt (Abb. 5). Sehr gut geeignet sind hingegen Wiesenflächen sowie asphaltierte und gepflasterte Bereiche. Jedoch sind auch hier ein paar Voraussetzungen zu erfüllen: das Gras darf maximal ca. 15–20 cm hoch sein, da das Signal anderenfalls bereits vor dem Eintritt in den Untergrund zu stark gedämpft wird.

Bei Pflasterflächen ist zu beachten, dass diese nicht zu uneben sind und keine trennenden Bordsteine besitzen. Problematisch können insbesondere im innerstädtischen Bereich Flächen mit stark variierendem Untergrund sein, z. B. durch Wechsel von Rasen und Pflaster innerhalb einer Fläche. Denn das Messgerät kann nur auf einen Bodenbelag optimal eingestellt werden, sodass bei einem Wechsel Einbußen in der Signalqualität in Kauf genommen werden müssen. Anders als beispielsweise bei Magnetometermessungen spielen äußere technische Einflüsse wie Straßen, Autos, Gebäude etc. bei GPR nur eine untergeordnete Rolle. Deshalb können entsprechende Messungen auch innerhalb von besiedelten Arealen durchgeführt werden. Vorsicht ist jedoch in der Nähe von Funkmasten geboten, insbesondere von Mobilfunkmasten, weil diese noch in einigen hundert Metern Entfernung Störsignale erzeugen können, da sie im gleichen Frequenzbereich wie das Bodenradar arbeiten.

Feldmessung

1. Vorbereitung der Messung

Die Auswahl geeigneter Messflächen ergibt sich unter verschiedenen Gesichtspunkten. Zunächst einmal können geophysikalische Messungen dazu dienen, im Tagesgeschäft der Praktischen Bodendenkmalpflege als Mittel zur bauvorbereitenden Planung einen Überblick über etwaige archäologische Befunde zu gewinnen. Jedoch kann Geophysik nie eine Negativaussage treffen. Es kann deshalb nur gesagt werden, dass im entsprechenden physikalischen Parameter keine Anomalien erkennbar sind. Oft ist damit im Nachhinein trotzdem



*Normale
Abbildung der
Radarstrahlen*

*Abbildung der
Radarstrahlen
bei geneigter
Topographie*

4 Schematische Darstellung der Signalausbreitung beim Bodenradar bei normaler Topographie (links) sowie bei starkem Relief (rechts) (Abbildung: Roland Linck, BLfD).

noch eine harte Prospektion notwendig. Aus diesem Grund kann die Geophysik ihre Stärken insbesondere dort ausspielen, wo sie zerstörungsfrei einen hochgenauen Plan der untertägigen Befunde liefern kann. Wir wählen in diesem Fall geeignete Messflächen anhand von bereits vorhandenen Quellen, wie Luftbildbefunden, Teilgrabungen oder alten Plänen aus. Sehr hilfreich gestaltet sich hierfür das Fachinformationssystem des BLfD, in dem alle diese Informationen gesammelt vorliegen.

Der nächste Schritt ist, die Eigentümer der entsprechenden Flurstücke zu ermitteln und zu kontaktieren. Hier ist oft einiges an Überzeugungsarbeit notwendig, um das Vorhaben zu vermitteln und die Vorteile herauszustellen. Denn in den meisten Fällen handelt es sich bei den potentiellen Messflächen bereits um eingetragene Denkmäler, sodass die Ergebnisse der Untersuchungen nur zu Präzisierungen beitragen. Konnten die Eigentümer überzeugt werden, müssen die Messungen in den landwirtschaftlichen Jahresrhythmus eingetaktet werden, da kein Flurschaden entstehen sollte und die Flächen für eine erfolgreiche Messung auch gewisse Voraussetzungen bezüglich des Bewuchses gegeben sein müssen (siehe vorheriges Kapitel).

2. Durchführung der Messungen

Für die Feldmessungen in der von uns praktizierten Art und Weise mittels paralleler Profile werden mindestens drei Personen benötigt: eine Person für die Bedienung des Messgeräts, zwei weitere für die Markierung der Messspuren mit Schnüren. Aufgrund der Komplexität des Verfahrens des GPR sollte sich das Messteam idealerweise aus mindestens einer Wissenschaftlerin oder einem Wissenschaftler und zwei technischen Fachkräften zusammensetzen. Letztere sind in unserem Fall ebenfalls Geowissenschaftler, jedoch ist es auch möglich, hierfür z. B. Grabungstechniker:innen einzusetzen.

5 Foto einer idealen Messfläche auf einem Acker. Erkennbar ist auch der Ablauf der Messung mittels paralleler Profile, die mit zwei grünen Messschnüren markiert werden, sowie der Basislinie am Anfang der Profile (= gelbe Schnur) (Foto: Tatjana Gericke, BLfD).

Zunächst muss die Messfläche im Feld abgesteckt und die Eckpunkte mit Holzpflocken markiert werden. Hierfür sind zwei Verfahren möglich: Ist bereits im Vorfeld im Büro klar, welcher Teilbereich genau vermessen werden soll, können die Eckpunkte bereits in einem GIS geplant und vor Ort mit Hilfe eines GNSS-Systems abgesteckt werden. Ist hingegen unklar, welche Bereiche exakt zugänglich sind und ob es Hindernisse gibt, so können die Eckpunkte auch im Feld mittels Fluchtstangen, Maßband und Winkelprisma markiert und anschließend eingemessen werden (Abb. 6).

Als nächster Schritt ist beim Bodenradar die Wahl der korrekten Messkonfiguration notwendig. Neben der richtigen Antennenfrequenz muss auch die Trägerplattform gewählt werden. Denn je nach Untergrund ist eine Montage der Antenne auf einem Schlitten oder an einem dreirädrigen Handwagen möglich (Abb. 7). Während sich erstere für niederfrequente Antennen, unebenes Terrain oder enge Messflächen im Innenraum eignet, liefert letztere einen schnelleren Messfortschritt und genauere Daten, da die Richtung der Messprofile besser eingehalten werden kann. Die Messung selbst wird bei beiden Varianten basierend auf einem vorher definierten Abstand mittels Hodometer (mechanischer Wegmesser) ausgelöst.

Die Messfläche wird in parallelen Profilen in wechselnder Richtung abgelaufen (Abb. 8). Die Wahl des Profilabstandes hängt dabei von mehreren Faktoren ab. Zum einen gilt, dass der ideale Profilabstand eine Antennenbreite betragen sollte. Deshalb ist mit kleineren, hochfrequenten Antennen ein engerer Abstand möglich als mit großen, niederfrequenten Antennen. Bei der von uns standardmäßig für archäologische Fragestellungen eingesetzten 350 MHz-Antenne liegt der ideale Profilabstand bei 50 cm. Denn durch die Ausbreitung des Signals in Kegelform im Untergrund überlappen sich die Messbereiche zweier benachbarter Linien bei dieser Frequenz ab etwa 50 cm Tiefe.

Da in Bayern die archäologischen Befunde in der Regel zwischen 50 und 150 cm tief liegen, wird damit sichergestellt, dass keine Befunde im Untergrund verfehlt werden. Ein engerer Profilabstand würde deshalb zwar eine etwas höhere Auflösung bieten, aber andererseits auch mehr Messzeit in Anspruch nehmen. Somit ist eine Verringerung des Profilabstands auf 25 cm nur bei sehr kleinen Messflächen nötig, bei denen ansonsten zu wenige Profile für eine aussagekräftige Datenauswertung vorliegen würden. Die Markierung der aktuellen Messspur erfolgt mit zwei Schnüren, die jeweils weitergelegt werden (Abb. 5).

Ein weiterer zu beachtender Faktor bei GPR-Messungen ist die Orientierung der Messspuren. Aufgrund der Antennenabstrahlcharakteristik sollten die zu erwartenden Befunde immer möglichst rechtwinklig erfasst werden. Deshalb müssen die Profile entsprechend ausgerichtet sein und bei unbekannter Ausrichtung der archäologischen Strukturen empfiehlt sich teilweise sogar eine Messung in zwei Messrichtungen von 90° zueinander, um eine ideale Abdeckung vor allem bei kleinräumigen Befunden zu gewährleisten. Jedoch bedeutet letzteres auch erneut eine Verdoppelung der Messzeit.

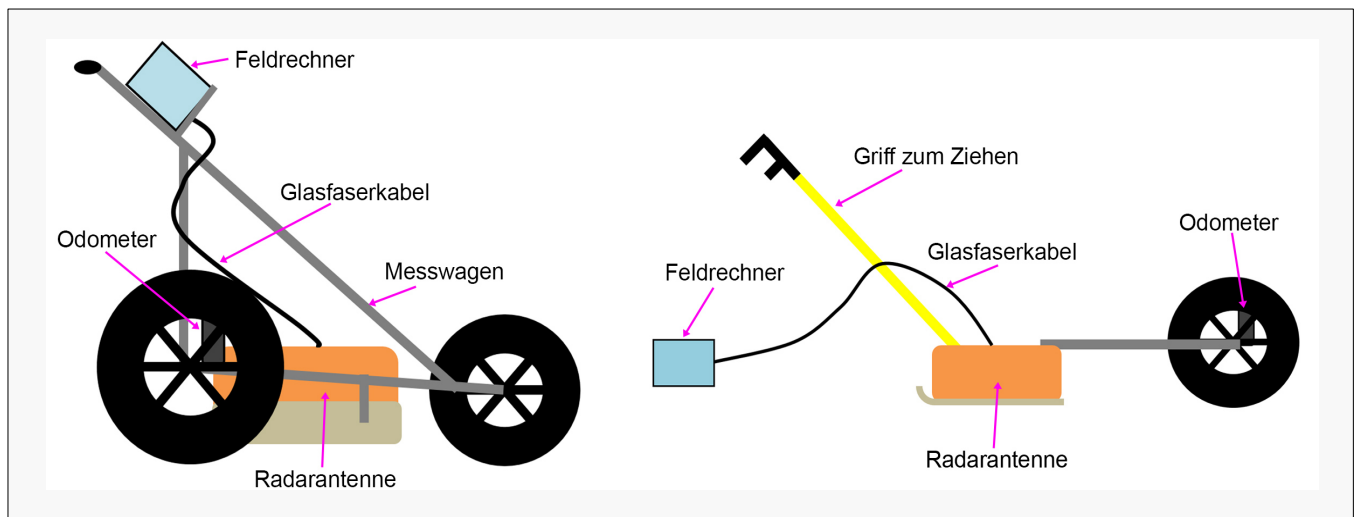


6

Manuelles Abstecken einer Messfläche mit Hilfe von Maßband, Fluchtstangen und Winkelprisma (Foto: Jörg Fassbinder, BLFD).

Datenauswertung

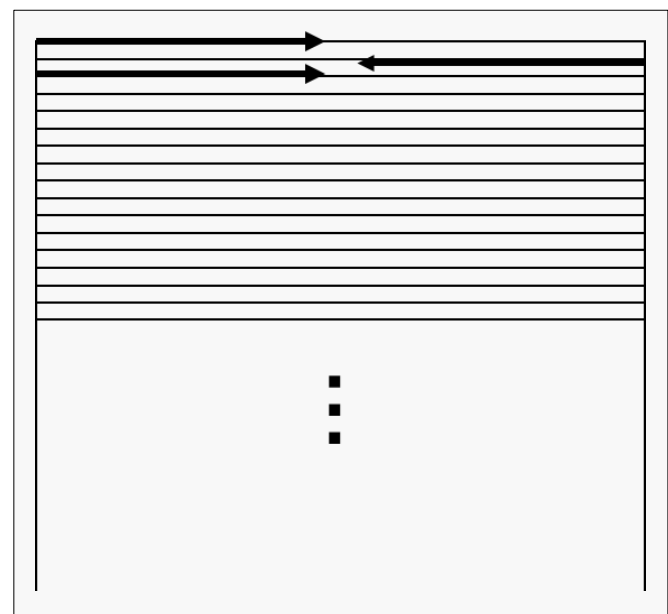
Ein wesentlicher Arbeitsschritt beginnt nach Abschluss der Geländetätigkeit. Denn normalerweise bedeutet ein Mess-tag etwa 3–7 Tage Büroarbeit zur Verarbeitung und Interpretation der Ergebnisse. Für die Prozessierung der GPR-Daten nutzt unsere Arbeitsgruppe die Software RADAN® 7 von GSSI. Da beide vom selben Hersteller sind, ist eine perfekte Kompatibilität sichergestellt und die Daten lassen sich einfach einlesen und verarbeiten. Zudem ist die Software vergleichsweise übersichtlich und damit benutzerfreundlich. Selbstverständlich lassen sich Radardaten auch mit einer Vielzahl anderer Softwarepakete, wie z. B. ReflexW, Geolitics, GPR-Slice etc., prozessieren. Jedoch ist hier oft eine längere Einarbeitungszeit notwendig. Die Datenverarbeitung wird dabei sowohl von den beiden Wissenschaftlern, als auch von den Techniker:innen durchgeführt.



7 Schematische Messanordnung eines Radargeräts auf Handwagen (links) und Schlitten (rechts) (Abbildungen: Roland Linck, BLfD).

Erst die Interpretation der Ergebnisse ist dann ausschließlich Aufgabe der Wissenschaftler. Die Visualisierung der GPR-Daten kann dabei entweder als Einzelprofil oder durch Kombination aller Profile der Messfläche und horizontales Schneiden als Tiefenscheiben erfolgen (Abb. 2c).

Während erstere Version besser zur Kartierung von Schichtgrenzen geeignet ist, lassen sich archäologische Befunde wie Mauern oder verfüllte Gräben besser in den Tiefenscheiben erkennen. Die Abstände der Tiefenscheiben werden dabei von der verwendeten Antennenfrequenz bestimmt: Für die 350 MHz-Antenne bieten sich 20 cm dicke Datenscheiben an, für die 900 MHz-Antenne eher 10 cm. Über die im Feld RTK-genau eingemessenen Eckpunkte der Messfläche lassen sich nun diese Tiefenscheiben in einem GIS georeferenzieren. Anschließend kann daraus ein vektorbasierter Interpretationsplan der archäologischen Befunde erstellt werden, der zur weiteren wissenschaftlichen Publikation und für die Praktische Denkmalpflege verwendet werden kann. Um eine möglichst korrekte Interpretation der unterirdischen Strukturen sicherzustellen, ist es notwendig, vor der Planerstellung alle verfügbaren Quellen zu studieren. Dazu gehören historische Aufzeichnungen, Pläne, Ansichten, etwaige Ergebnisse von Teilgrabungen oder Lesefunde, Vergleiche mit ähnlichen Befunden aus geophysikalischen Messungen oder von Luftbildern. Auch die topographische und geologische Lage der Fundstelle sowie die physikalischen Eigenschaften der Messwerte sind dabei unbedingt zu berücksichtigen. Im Vergleich zu anderen geophysikalischen Verfahren, wie z. B. der Magnetik, stellt das Bodenradar eine besondere Herausforderung dar: Da es ein 3D-Abbild des Untergrundes erzeugt, müssen nicht nur einzelne Messbilder, sondern eine Vielzahl an Tiefenscheiben interpretiert werden. Die Ergebnisse liefern jedoch eine wertvolle Grundlage für die detaillierte Analyse verborgener Strukturen, die präzise Rekonstruktion archäologischer Fundstellen und die gezielte Planung weiterführender Untersuchungen.



8 Schema der Messung im „Grid-Mode“ mit parallelen Profilen wechselnder Richtung (Abbildung: Roland Linck, BLfD).

Der Einsatz von GPR im BLfD hat sich somit im Laufe der Jahre als wertvolles Werkzeug zur präzisen und nicht-invasiven Erfassung archäologischer Strukturen erwiesen und damit sowohl die Bodendenkmalpflege als auch die Effizienz der archäologischen Forschung in Bayern wesentlich unterstützt.

Dr. Roland Linck

Leiter des Fachbereichs Geo-Erkundung
Zentrallabor und Geo-Erkundung
Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege
Roland.Linck@blfd.bayern.de