

# Standards zur Durchführung geophysikalischer Prospektion in der Archäologie in Bayern



## Einleitung

Die im Folgenden aufgeführten Mindestanforderungen sollen dazu dienen, dass geophysikalische Maßnahmen möglichst effektiv vergleichbare, sinnvolle und damit nicht zuletzt auch verwertbare Prospektionsergebnisse liefern. Die Zusammenstellung standardisierter Richtlinien soll sowohl Prospektoren, als auch deren Auftraggebern helfen, die geeigneten Maßnahmen durchzuführen bzw. zu beauftragen.

Aufgrund der Komplexität und Vielzahl von einsetzbaren Geräten ist es notwendig, dass die Maßnahmen detailliert beschrieben und dokumentiert werden. In keinem Falle kann ein Standard auf alle Situationen der geophysikalischen Prospektion in der Archäologie angewandt werden. Demgegenüber sind die Darstellung und Ausgabe der Ergebnisse sowie die schriftlichen Berichte dazu in einheitlicher Form auszuführen.

Alle Prospektionsmaßnahmen im Bereich von Bodendenkmälern und archäologischen Verdachtsflächen müssen mit dem Referat Z V des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege abgestimmt werden. Kontakt telefonisch oder per E-Mail unter:

[roland.linck@blfd.bayern.de](mailto:roland.linck@blfd.bayern.de)      Tel. 089/2114-352  
[andreas.stele@blfd.bayern.de](mailto:andreas.stele@blfd.bayern.de)      Tel. 089/2114-330

Für jede Prospektionsfläche wird von der Arbeitsgruppe „Geophysikalische Prospektion“ des Referats Z V eine Maßnahmen-Nummer (derzeit: Projekt-Nummer) vergeben. Bei der Anwendung unterschiedlicher Prospektionsmethoden werden zusätzliche Maßnahmen-Nummern (Projekt-Nummern) zugewiesen. Auch der Eintrag der Maßnahmen und Ergebnisse in das Fachinformationssystem des BLfD erfolgt einheitlich durch die Arbeitsgruppe. Von Gebietsreferenten der Abt. B zugewiesene Maßnahmennummern sind nicht gültig.

## Leistungsbeschreibung geophysikalische Prospektion in der Archäologie

### I) Vorbereitung

a) Begründung für die geophysikalische Prospektion: Im Vorfeld der Untersuchung muss geklärt werden, welche archäologischen Befunde ggf. erwartet werden können. Daraufhin werden Art und Umfang der geophysikalischen Prospektion im Rahmen eines Leistungsverzeichnisses durch das BLfD festgelegt (vgl. III).

b) Die Georeferenz der Messfläche(n) soll mittels Umrisspolygon(en) in den Dateiformaten „dwg“ und „dxf“ bzw. „shp“ dokumentiert werden, eine Belegung mit Gauß-Krüger-Koordinaten der GK-Zone 4 möglichst hoher Qualität ist erforderlich.

Mit „handheld“ –GPS ermittelte Koordinaten können derzeit nicht die erforderliche Genauigkeit liefern.

c) Das BLfD empfiehlt nur auf ausdrücklichen Wunsch des Auftraggebers einige Fachfirmen, die die geforderten Leistungen erwartungsgemäß zufriedenstellend und fachlich korrekt ausführen können.

### **Eignung von Flächen zur geophysikalischen Prospektion:**

a) Topographie: Möglichst eben, keine zu starken Gefälle. Starke Neigungen können zu Problemen bei der sinnvollen Durchführung der Messungen bzw. bei deren Auswertung führen. Insbesondere beim Bodenradar treten dabei aus methodischen Gründen teils enorme Fehler in der exakten Messpunktlokalisierung auf.

b) Messfläche: Die Größe der Messfläche sollte 40 x 40m für Magnetometerprospektion bzw. 20 x 20m für Elektrik oder Radar möglichst nicht unterschreiten.

c) Bewuchs:

Magnetik: Während der Messung möglichst frei von Bewuchs, d. h. bei landwirtschaftlich genutzten Flächen im Frühjahr vor bzw. unmittelbar nach der Aussaat oder im Herbst nach der Ernte.

Möglichst eben, ohne grobe Ackerschollen oder bei Grasflächen nach dem Mähen.

Einzelne Bäume und Sträucher oder Baumreihen stellen kein Hindernis dar, müssen aber umgangen werden und führen zu einer Lücke im Messbild.

Elektrik: Der Wurzelbereich von Bäumen sowie frisch gepflügte Äcker sind für die Prospektion ungeeignet.

Bodenradar: Um eine ungehinderte Signalanbindung an den Untergrund zu gewährleisten, muss die Fläche möglichst eben sein. Das Vorhandensein von Stoppeln und hohem Gras führt zu einem deutlichen Verlust an Signalstärke und damit Eindringtiefe und ist somit zu vermeiden. Um eine ausreichende Eindringtiefe zu gewährleisten, ist darauf zu achten, dass keine zu hohe Bodenfeuchtigkeit vorliegt.

d) Wege: Schmale Feldwege, ggf. geschottert oder auch geteert, können bei der Magnetometerprospektion überquert werden, bei der Elektrik i. d. R. nicht, da die Messsonden direkt in die oberen Zentimeter des Bodens eingesteckt werden müssen. Aussagen über archäologische Befunde sind allerdings auch bei der Magnetik unter Wegen, aufgrund starker Störeinflüsse, nur in Ausnahmefällen zu erwarten. Für das Radar stellen Wege kein Hindernis dar. Es ist jedoch zu beachten, dass diese meist stark verdichtet bzw. fundamentiert sind und sich deshalb auch noch in großer Tiefe als Störung der Messung darstellen.

e) Straßen: Für die Magnetfeldmessung sollte der Abstand zur Autobahn und zu Fernstraßen wegen des Verkehrs mindestens 60 - 80 m betragen.

f) Hochspannungsleitungen: Sind generell ein Problem für geophysikalische Messungen (insbesondere in der direkten Umgebung der Strommasten). Bei der Elektrischen Prospektion kann es darüber hinaus auch zu Störungen der Elektronik kommen, welche die Ausführung der Messungen gänzlich verhindern.

g) Sonstige Objekte: Gebäude oder auch kleinere Objekte wie Laternenpfosten, Betonpfeiler, Mauern, Sitzbänke etc. verursachen in der Magnetik Störungen im Umkreis von mehreren Metern, so dass hier eine Messung nur eingeschränkt aussagekräftig ist. Beim Radar ist zu beachten, dass ein in der Nähe befindlicher Mobilfunkmast aufgrund des vergleichbaren Frequenzbandes eine starke Störung darstellt und teilweise eine erfolgreiche Messung komplett verhindert.

Beim Vorliegen von mehreren gravierenden Hindernissen der beschriebenen Art ist eine geophysikalische Prospektion in manchen Fällen nicht erfolgversprechend und daher nicht sinnvoll. Die Anwendbarkeit der Prospektion muss jeweils im Einzelfall geklärt werden.

## II) Qualifikation der Prospektoren

Der Prospektionsleiter sollte einen Hochschulabschluss mit Schwerpunkt archäologische Prospektion oder geophysikalische Prospektion haben.

Darüber hinaus sollte er die Erfahrung in der Messung und Auswertung von mindestens 30 Projekten in der archäologischen Prospektion vorweisen oder nachweislich über eine dreijährige Erfahrung auf diesem Fachgebiet verfügen (Referenzen).

Anforderungen an Projektleiter / Projektleiterin Prospektion:

- Diplom oder Master in Angewandter Geophysik
- Diplom oder Master in Physik bei Nachweis entsprechender praktischer Erfahrung
- Diplom oder Master in Geologie mit Nebenfach Geophysik bei Nachweisentsprechender praktischer Erfahrung
- Fundierte Kenntnisse der Siedlungsstrukturen aller archäologischer Zeitstufen (um die Messbilder erkennen und interpretieren zu können)
- fundierte Grundkenntnisse im Vermessungswesen

## III) Messmethoden

Für die flächenhafte Erkundung von archäologischen Fundstellen und Befunden stehen die verschiedensten geophysikalischen Prospektionsmethoden zur Verfügung. Für die archäologische Anwendung sollten jedoch vorrangig die drei folgenden Methoden angewandt werden:

### a) Magnetometer-Messungen:

Zur Messung steht eine Vielzahl kommerzieller Messgeräte zur Verfügung. Es sollte ein Gerät mit der Empfindlichkeit von besser als  $\pm 0,3$  Nanotesla ausgewählt werden.

Die Flächenmessung muss das gesamte zugängliche Areal erfassen. Die Messpunktdichte muss mindestens 50 x 50 cm betragen.

Bevorzugter Einsatz bei vermuteten Erdwerken, Graben- oder Grubensystemen, ehemaliger Bebauung mit Holzgebäuden.

### b) Erdwiderstands-Prospektion:

Der Messpunktabstand darf maximal 50 x 100 cm betragen.

Für Flächenmessungen ist die so genannte Twin-Sonden-Anordnung vorzuziehen, der Sondenabstand sollte 50 cm betragen. Ein größerer Sondenabstand von 75 cm ist nur bei

besonderen Fällen anzuwenden und dann ausführlich zu begründen.

Entsprechend einer Twin-Sonde ist bei der „Square Array“ Anordnung ein Sondenabstand von 75 cm anzuwenden.

Bevorzugter Einsatz bei vermuteten Überresten von Steingebäuden oder -strukturen und Schuttflächen.

#### c) Radar-Messungen:

Wir empfehlen hier eine detaillierte Untersuchung sowie die Darstellung der Ergebnisse und Daten in sogenannten „amplitudenbasierten“ Zeitscheiben. Der Profilabstand sollte bei Flächenmessungen 50 cm nicht überschreiten. Grundsätzlich sollten immer Flächenmessungen durchgeführt werden, da einzelne Profile in den meisten Fällen keinen erhöhten archäologischen Aussagewert besitzen.

Die verwendete Antennenfrequenz sollte nur in begründeten Ausnahmefällen eine andere als 400 bzw. 500 MHz betragen. Nur so kann ein optimaler Kompromiss zwischen Eindringtiefe und Auflösung der archäologischen Strukturen gewährleistet werden.

Die Radarprospektion ist eine aufwendige und kostenintensive Prospektionsmethode, die deshalb auf spezielle Bedingungen zugeschnitten sein muss. Die Anwendung der Radarprospektion ist ausführlich zu begründen.

Bevorzugter Einsatz bei klar definierten, auch horizontalen Reflektoren (Schichtgrenzen), wie z. B. steinernen Mauerresten, Straßen oder Fußböden im Untergrund.

#### d) Weitere geophysikalische Prospektionsmethoden:

- Suszeptibilitätsmessungen
- Gravimetermessungen
- Elektromagnetische Verfahren
- Thermische Prospektion
- Seismische Verfahren

Die letzteren können die unter a-c aufgeführten Methoden nur ergänzen, aber nicht ersetzen.

## IV) Datenaufnahme und Datenbearbeitung

Die Datenaufnahme sowie die -verarbeitung müssen so einheitlich wie möglich erfolgen.

Für die Magnetometrie und Widerstandskartierung stehen derzeit folgende drei kommerzielle Programme zur Verfügung, die vorzugsweise anzuwenden sind:

- Surfer (Fa. Golden Software),
- Geoplot (Fa. Geoscan) und
- TerraSurveyor (Fa. DW Consulting).

Sofern andere Software zum Einsatz kommt, müssen Ausgabefiles im ASCII-Format erstellt werden, die mit einem der oben genannten Programme kompatibel sind oder problemlos in diese eingelesen werden können (z. B. XYZ-Datensätze).

Für das Bodenradar sollten die Daten in einem der allgemein gültigen Herstellerformate vorgelegt werden:

- \*.dzt für GSSI
- \*.rd3 für Malå

- \*.dt1 für Sensors & Software
- \*.hdr für UTSI Electronics
- \*.dt für IDS

Sofern eine Datenaufnahme in einem anderen Format erfolgte, muss vor der Abgabe eine Konvertierung der Messdaten in das \*.sgy-Format erfolgen.

Zu bearbeiten sind die Ergebnisse in folgenden Formen:

1. *Magnetometer- und Widerstandsdaten:*

- a) Eine Kopie der unverarbeiteten „Rohdaten“ im ASCII-Format muss zusammen mit einer detaillierten Gerätebeschreibung sowie der Metadaten der Messpunktlokalisierung erhalten und archiviert werden. Bei kommerziellen Geräten genügt der Verweis oder das Zitat eines publizierten Gerätemanuals.
- b) Visualisierte, ausgewertete Daten ohne jegliche Filterung oder Glättung.
- c) Visualisierte, ausgewertete Daten, bei denen folgende Arbeitsschritte durchgeführt wurden:
  - Minimierung so genannter Kanteneffekte zwischen Messquadraten oder Messflächen, die dadurch entstehen, dass die Messungen zu unterschiedlichen Zeiten durchgeführt wurden, durch geeignete Filterungen.
  - Eliminierung von „Artefakten“, die durch die Art der kontinuierlichen Datenaufnahme erzeugt werden, durch geeignete Datenverarbeitung (z.B. despiking, destriping, desloping).
  - Alle Artefakte, die durch die Art der Datenaufnahme erzeugt und nicht eliminiert werden konnten, müssen klar beschrieben und klar von archäologisch induzierten Anomalien differenziert werden.
  - Jede zusätzliche Datenfilterung muss identifizierbar sein und deren Anwendung begründet werden.

Die Visualisierung der Daten unter Punkten b) und c) sollte als Graustufenbild in 256 Graustufen von Weiß nach Schwarz im Tiff-Format oder RAW-Format gespeichert werden. Dabei sollte die Anzahl der Bildpunkte exakt der Anzahl der Messpunkte entsprechen.

2. *Bodenradardaten:*

- a) Rohdaten der einzelnen Profile in einem der oben beschriebenen Formate mit genauer Angabe des verwendeten Geräts, der verwendeten Antenne und der vor der Messung eingestellten Korrekturen, wie z. B. Stapelung und Bandpassfilter. Des Weiteren muss aus der Dokumentation die Profilanordnung klar hervorgehen.
- b) Datenfile, in dem alle gemessenen Profile in entsprechender Orientierung zusammengesetzt sind.
- c) Folgende Datenverarbeitungsschritte sollten in jedem Fall durchgeführt werden:
  - Stapelung der Radarspuren mit einem Faktor 4
  - Bandpassfilter von zwei Oktaven um die Zentralfrequenz der verwendeten Antenne, um Störsignale zu eliminieren
  - Anpassung der Verstärkung, um Signale aus größerer Tiefe sichtbar zu machen
  - Korrektur des Nullpunktes des Signals auf den Ersteinsatz
  - Entfernung von eventuellem Hintergrundrauschen
  - Tiefenmigration
  - Ausgleich des Verstärkungsunterschiedes zwischen den einzelnen Profilen.

Die Visualisierung sollte als Tiefenscheiben in Graustufendarstellung von weiß nach schwarz erfolgen. Die Dicke der Tiefenscheiben beträgt im Regelfall 20 cm, der Abstand dazwischen

ebenfalls. Es sollte eine Speicherung in einem gängigen Grafikformat, wie beispielsweise \*.bmp bzw. \*.tif vorliegen

## V) Interpretation der Daten

Die Interpretation kann nur durch einen erfahrenen „archäologisch vorgebildeten“ Geophysiker, der darüber hinaus mit den örtlichen topographischen und geomorphologischen Gegebenheiten vertraut ist, durchgeführt werden.

Dabei sollten auch lokal tätige Archäologen und andere Informationsquellen, z. B. Ortsakten des BLfD, zu Rate gezogen werden.

Rezente und technische Störungen müssen von archäologischen Strukturen unterschieden werden und entsprechend kenntlich gemacht sein.

Eine klare Unterscheidung von wissenschaftlich begründeter Interpretation und anderweitig begründeter Interpretation oder Spekulation ist zu geben.

Ein negativer Befund kann nur in wohlbegründeten Ausnahmefällen sicher festgestellt oder konstatiert werden.

## VI) Der Bericht

Jede geophysikalische Prospektion oder Maßnahme, auch mit negativem oder unbefriedigendem Ergebnis, erfordert einen wissenschaftlich fundierten Bericht.

Der Bericht muss auch eine allgemeinverständliche Zusammenfassung der Ergebnisse enthalten.

Minimalanforderungen des Berichtes:

- i) Titel, Autor, Auftraggeber, Kunde, Datum
- ii) Archäologische Informationen: Einführung, Lage, Vorgeschichte, Zusammenfassung des verfügbaren archäologischen Wissensstandes, Landnutzungsgeschichte, alte Flurkarten, Luftbildarchäologie usw.
- iii) Aktuelle Informationen: Einige deutliche Digitalfotos der Untersuchungsfläche zum Zeitpunkt der Prospektion; Ortsbeschreibung inklusive Geologie, Topographie, Oberflächenbeschaffenheit, Vegetation, Bodenfeuchte, Wetter während der Datenaufnahme, eventuell auch eine grobe Beschreibung der Wettersituation vor der Datenaufnahme (wichtig bei Widerstands- und Radarkartierung)
- iv) Methoden (Magnetik, Elektrik, Radar), Begründung für die Wahl der Prospektionsmethode und die Wahl der Geräte, die Messpunktdichte sowie eine detaillierte Gerätebeschreibung.
- v) Ergebnisse, Beschreibung und Interpretation - siehe auch Punkte IV und V.
- vi) Zusammenfassung
- vii) Datendarstellung als Graustufenbild, Topographie und Interpretationsplan

Im Rahmen des Berichtes muss auch eine der Fragestellung angemessene archäologische Ansprache und Interpretation der einzelnen sichtbaren Befunde erfolgen. Hierzu sollten alle verfügbaren Quellen herangezogen werden.

Die Arbeitsgruppe „Archäologische Prospektion“ des BLfD behält sich vor, unzureichende Messungen und Berichte, die nicht den hier dokumentierten Standards entsprechen, zurückzuweisen und eine Neuanfertigung anzufordern.

Eine Kopie des Berichtes, sowie eine Kopie der elektronisch gespeicherten Rohdaten, der prozessierten Daten und der georeferenzierten Umgrenzung der Messfläche ist dem Referat Z V des Bayerischen Landesamts zur Archivierung und Eintragung in das Fachinformationssystem des BLfD an folgende Adresse zuzustellen:

Bayerisches Landesamt f. Denkmalpflege  
Ref. Z V Zentrallabor & Geo-Erkundung  
Archäologische Prospektion  
z. Hd. Dr. Roland Linck  
Hofgraben 4  
D 80539 München

E-Mail: [roland.linck@blfd.bayern.de](mailto:roland.linck@blfd.bayern.de), Tel. 089/2114-352

Stand : 18.11.2020