



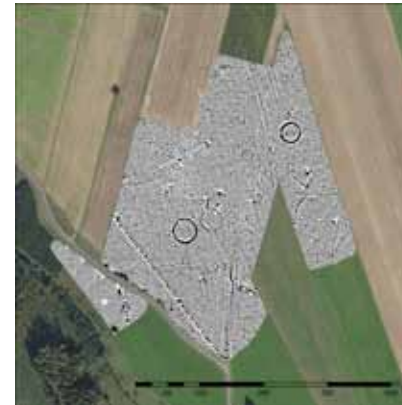
ZAMG Angewandte Geophysik

- *Geophysik*
- *Messmethoden*
- *Archeo Prospections®*
- *Weitere Anwendungen*



ZAMG
Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik

Geophysik



Geomagnetische
Messung von
hallstattzeitlichen
Hügelgräbern bei
Strettweg/Judenburg
in der Steiermark.

Die Abteilung Geophysik der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, die 1851 als „K.K.Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus“ gegründet wurde, deckt ein großes Spektrum der Geophysik ab. Ob es sich um Erdbeben, Explosionen, Atomtests, vulkanische Eruptionen im Ausland, Hangrutschungen oder Felsstürze, den Sonnenwind, Änderungen des Erdmagnetfeldes oder Meteoriteneinschläge handelt, die Abteilung Geophysik registriert und analysiert diese Ereignisse und steht beratend zur Verfügung.

Die Abteilung beobachtet laufend die Erdbebetätigkeit sowie Änderungen der Erdanziehungskraft und des geomagnetischen Feldes auf unserem Planeten. Zur Überwachung des Atomtestverbots dient die Abteilung in ihrer Funktion als Nationales Datenzentrum.

Ein Spezialgebiet stellt die „Angewandte Geophysik“ dar. In ihr finden sich alle geophysikalischen Messprinzipien wieder. Sie dienen der Erkundung oberflächennaher Erdschichten. Mit den angewendeten Methoden lassen sich Hohlräume, archäologische Artefakte, Rohrleitungen, aber auch der geologische Aufbau des Untergrundes erkunden.

Eine enge Zusammenarbeit mit dem Ludwig Boltzmann Institut (LBI) für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie garantiert state-of-the-art Messungen und Interpretationen in einer weltweit vernetzten Gruppe von Spezialisten.

Messmethoden



Georadarmessung in Syrien



Geomagnetik in Lymira in der Türkei

Georadar

Der Vorteil des Georadars besteht in der hohen Auflösung der gemessenen Daten und besonders in der Erfassung dreidimensionaler Daten, die Strukturen von wenigen cm erkennbar machen können, aber auch in der Kleinräumigkeit der Messanlage, wodurch Messungen in relativ engen Räumen, wie sie in Bergbauen vorkommen, aber auch Stollen, etc. realisierbar sind. Diese Messaufnahmen werden Radargramme genannt. Die Anwendungsmöglichkeiten sind mannigfaltig und umfassen Archäologie, Hohlräume, Minensuche, Altlasten, Leitungsverfolgung und generellen Bodenuntersuchungen hinsichtlich dessen Aufbaus. Die Detektionstiefe hängt von der gewählten Radarfrequenz und der Bodenbeschaffenheit ab. Normalerweise werden Eindringtiefen von 2 – 6 m erreicht, es sind aber auch Untersuchungen bis in Tiefen von 10 – 25 m möglich.

Geomagnetik

Messungen der magnetischen Eigenschaften des Bodens ergänzen oft Georadar-Messungen. Dabei werden passive Messungen des Erdmagnetfeldes durchgeführt und oberflächennahe Anomalien kartiert. Dies ist eine rasche und großflächig einsetzbare Methode, um geomorphologische oder durch Menschen verursachte Strukturen im Boden zu kartieren. Die Geomagnetik eignet sich dadurch hervorragend für die Archäologie, aber auch für Leitungsdetektion, Altlasten und ähnliche Fragestellungen.

Elektromagnetik

Mit dem elektromagnetischen Messverfahren wird der Untergrund unter der Verwendung von elektromagnetischen Signalen erkundet. Die Ausbreitung von elektromagnetischen Signalen wird durch die Leitfähigkeit und die Dielektrizitätskonstante der Gesteine im Untergrund bestimmt. Dadurch können Rückschlüsse auf die Magnetisierbarkeit einzelner Bodenschichten und deren scheinbare elektrische Leitfähigkeit gezogen und Aussagen zu Art und Feuchtigkeitsgehalt des Bodens getroffen werden.

Geoelektrik

Geoelektrische Verfahren bestimmen die Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes im Boden. Beim so genannten Gleichstromverfahren werden Widerstandsmessungen in Form von Strom-Spannungsmessungen in verschiedenen Elektrodenkonfigurationen ausgeführt. Dazu wird im Boden zwischen zwei Elektroden ein Stromfluss erzeugt. Die Potenzialdifferenzen werden über zwei weitere Elektroden an der Oberfläche gemessen. Der Abstand der Stromelektroden bedingt eine bestimmte „Erkundungstiefe“ der Messanordnung. Da der Untergrund normalerweise geschichtet ist, ändert sich das Messergebnis mit diesem Abstand, man spricht daher von einem „scheinbaren spezifischen Widerstand“ für eine bestimmte Messanordnung. In Abhängigkeit vom Elektrodenabstand erhält man „Sondierungskurven“. Die neuen Messsysteme mit „Multi-Elektroden“ sind heute technisch rasch und einfach für mehrere Tiefenebenen einsetzbar, wodurch ein zweidimensionales Bild des Untergrundes ermittelt werden kann. Diese gleichzeitige Vermessung von Sondierung und Kartierung wird „Profilierung“ und/oder „geoelektrische Tomographie“ genannt. Die Profilierung wird besonders zur Erfassung von steil stehenden Strukturen und Grenzen eingesetzt.

Hammerschlagseismik

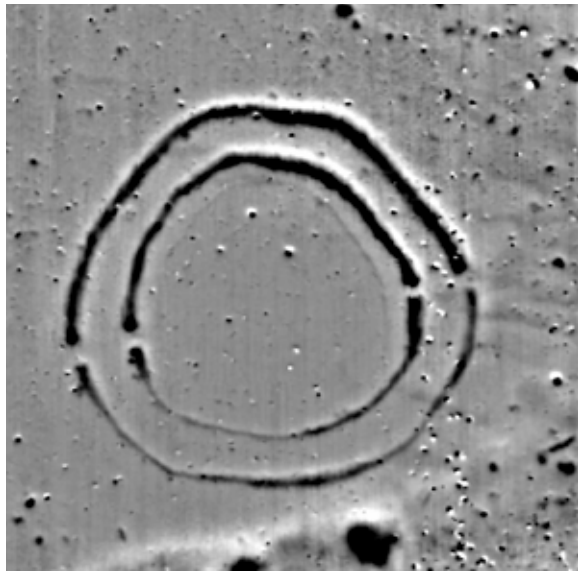
Mit der Seismik wird die seismische Geschwindigkeitsverteilung des Untergrundes bestimmt, wobei die Auswertung von Kompressionswellen ein Bild der P-Wellen-Geschwindigkeitsverteilung und die Auswertung von Scherwellen ein Bild der S-Wellen-Geschwindigkeitsverteilung liefert. In der Praxis werden zumeist P-Wellen gemessen. S-Wellen sind jedoch eine wichtige Zusatzinformation, wenn es z.B. um die Festigkeitsbeurteilung oder die Suche nach Grundwasser geht. Zusätzlich liefern auch Oberflächenwellen Informationen über den Untergrund. Eine umweltfreundliche Methode ist die Hammerschlagseismik, da sie ohne Sprengstoffe auskommt.



Geoelektrik in Hollabrunn



Hammerschlagseismik am Trafelberg beim Conrad Observatorium in Niederösterreich.



Magnetogramm des Kreisgrabens bei Puch in Niederösterreich

Kreisgräben in Niederösterreich

Bereits 4.900 Jahre vor unserer Zeitrechnung wurden kreisförmige Anlagen im Bereich der Donau und der Elbe angelegt, wobei sich die ältesten Anlagen im Osten (Ungarn/Slowakei) befinden. In den 1960er-Jahren wurden die ersten Anlagen mit Hilfe der Luftbildarchäologie erfasst. Heute werden solchen Anlagen mit magnetischen Methoden, aber auch mit Georadar prospektiert.

Ein Beispiel stellt die prähistorische Fundstelle Puch / Kleedorf 40 km nordwestlich von Wien dar. Die Strukturen waren bereits als Feuchtigkeitsmerkmale aus Luftbildern in den frisch bearbeiteten Äckern zu erkennen. Mit Hilfe von magnetischen Messungen im Jahr 1998 konnte die Struktur dann genau erfasst werden.

Einen Eindruck einer solchen steinzeitlichen Anlagen kann man am Heldenberg in NÖ gewinnen, wo anlässlich der Landesausstellung 2005 ein 1:1-Modell erbaut wurde. Der Zweck dieser Anlagen ist auch heute noch unbekannt.

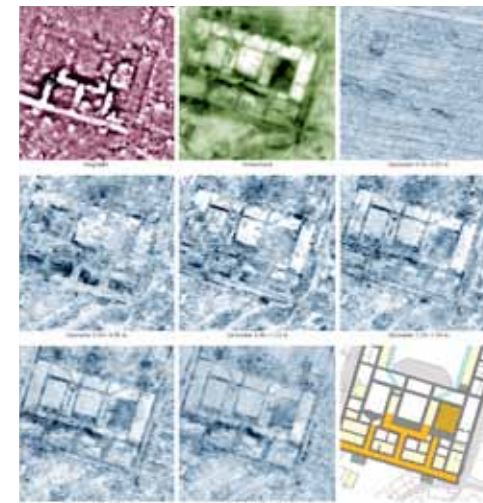
Carnuntum

Vielen ist das Militärlager von Carnuntum ein Begriff, jedoch befand sich daneben auch eine Zivilstadt, die zum Großteil bis heute noch im Boden verborgen ist. Daher bieten sich die geophysikalischen Methoden an, um schnell und genau diese verborgenen Strukturen großflächig zu erfassen. Im Zuge des Projekts „ArchPro Carnuntum“ wurden

magnetische Messung im Zeitraum zwischen März und Dezember 2012, April und November 2013 sowie Juli und August 2014 durchgeführt. Dabei wurden Flächen im Ausmaß von insgesamt 743,2 ha magnetisch untersucht, und im Zeitraum zwischen Oktober 2010 August 2014 in einem Ausmaß 232,2 ha mit Georadar prospektiert. Die Abbildung zeigt einen Vergleich der verschiedenen eingesetzten geophysikalischen Methoden.

Stonehenge in Großbritannien

2015 gelang es, im Rahmen des internationalen Projekts „Stonehenge Hidden Landscape Project“ in einer Kooperation der Universität Birmingham, des Ludwig Boltzmann Instituts (LBI) für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie sowie der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) in Wien bislang unbekannte steinzeitliche Anlagen in der Umgebung von Stonehenge zu prospektieren. Seit 2010 wurde ein zehn Quadratkilometer großes Gelände rund um Stonehenge Meter für Meter mit Bodenradar und Magnetometer analysiert. Diese geophysikalischen Methoden liefern u.a. detailreiche 3D-Bilder unterirdischer Gebäude und Anlagen. Bei sogenannten „Henges“ handelt es sich um steinzeitliche Anlagen, die aus einem runden oder ovalen Erdwall und einem innen liegenden Graben bestanden. Auf der Fläche im Inneren standen oft Stein- oder Holzpfahl-Kreise. Die wohl bekannteste derartige Anlage ist Stonehenge.



Vergleich der verschiedenen Methoden (Magnetik, Widerstandsmessung und Georadar, sowie Interpretation rechts unten) am Beispiel von Carnuntum



Rekonstruktion der steinzeitlichen Anlage bei Stonehenge (Bild: LBI Archeo)



Georadarmessung in Pompeji

Pompeji in Italien

Pompeji wurde im 6. vorchristlichen Jahrhundert von den Griechen gegründet. Eine kleine Erhöhung auf einem alten Lavastrom des Vesuvs bot eine gute Sicht über das Gelände und somit Schutz vor feindlichen Etruskern. An der Mündung des Flusses Sarno entstand ein kleiner Hafen, in dem Waren aus dem Umland verschifft wurden. An den fruchtbaren Hängen des Vulkans wuchsen Wein und Olivenbäume, weiter im Landesinneren wurde Getreide angebaut. So entwickelte sich Pompeji innerhalb weniger Jahrhunderte zu einer wohlhabenden römischen Handelsstadt. Im Jahr 2003 wurden dort auch Georadarmessungen durchgeführt, die zu einer verbesserten Kenntnis der chronologischen Abfolge von Um- und Zubauten der römischen Siedlung geführt haben.

Ephesos in der Türkei

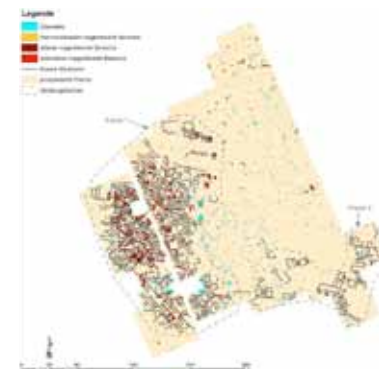
Die Abteilung Geophysik ist seit mehr als 20 Jahren in Ephesos tätig, um noch nicht ausgegrabene Strukturen zu erkunden und um die eigentliche Siedlungsgröße von Ephesos zu dokumentieren. Der Bereich war schon 5000 Jahre vor unserer Zeitrechnung besiedelt und im Stadtgebiet wurden auch Reste von minoischen und mykenischen Bauten entdeckt. Hauptsächlich erhalten sind heute die römischen Anlagen, die den griechischen Bauwerken folgten. Messungen im Bereich des Serapions-Tempels, aber auch außerhalb der Besucheranlage, wie z.B. entlang des Hafens, im Artemision und in der Oberstadt, südöstlich des antiken Zentrums komplettieren laufend die Kenntnis über diese alte wichtige Siedlungsanlage.



Magnetische Messung bei Ephesos

Sir in Syrien

Ziel dieser Messungen war die Dokumentation aller Bodendenkmale seit dem Beginn der Siedlungstätigkeit um 10.000 unserer Zeitrechnung. Als bedeutender neolithischer Fundplatz wurde die Siedlung Sir lokalisiert, die sich etwa 10 km nordwestlich von Hama inmitten eines landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebietes befindet. Die ca. 4 – 5 ha große Siedlung liegt südlich des Nahr Sarut etwa 3 km oberhalb der Mündung in den Orontes auf einer 34 m hohen Kalkmergelterrasse. Sie wurde 2006 mit geophysikalischen Methoden untersucht und eine wahrscheinliche Mehrphasigkeit der Siedlung festgestellt.



Interpretation der magnetischen Messung in Sir in Syrien

Weitere Anwendungen

Bodenuntersuchungen hinsichtlich der Tragfähigkeit des Bodens nutzen der Bauindustrie. Dabei können mit der Hammerschlagseismik der Aufbau und die Festigkeitsparameter des Bodens bestimmt werden. Ein wichtiger Parameter ist die durchschnittliche Scherwellengeschwindigkeit in den obersten 30 m. Dieser dient in der Baunorm zur erdbebensicheren Ausführung von Gebäuden durch die korrekte Zuordnung der Baugrundklasse.



Untersuchung am Marchfelddamm mit Georadar

Untersuchungen hinsichtlich des Bodenaufbaues nutzen der Bauindustrie und der Sicherheit infrastruktureller Anlagen wie in dem gezeigten Beispiel, einem Damm entlang der March. Hier wird die Integrität und Durchfeuchtung von Dämmen festgestellt. Daher sind Untersuchungen dieser Art auch sehr wichtig für angrenzende Siedlungsgebiete. Das eingesetzte Gerät ist ein Bodenradar mit zwei Antennen (100 & 250 MHz), welches mit einem Fahrzeug gezogen wird. Damit ist es möglich, ca. 20 km am Tag zu untersuchen. Durch Wiederholungsmessungen können Veränderungen der Dammstruktur erfasst werden, und rechtzeitig bauliche Verbesserungen durchgeführt werden.



Georadareinsatz im Umfeld des ehemaligen Konzentrationslagers Mauthausen

Ein weiterer Anwendungsbereich bodennaher Geophysik liegt in der Forensik. Mit geophysikalischen Methoden können Bodenveränderungen, die im Zusammenhang mit Verbrechen stehen, gegebenenfalls aufgefunden und exakt lokalisiert werden. Dies ist bei Kriminalfällen aller Art genauso anwendbar wie auch im Bereich von Kriegsverbrechen oder auch etwa Verbrechen während des Dritten Reiches.

Unerwartete Hohlräume stellen im Untertagebau in Bergbauen, aber auch an der Erdoberfläche für Bauarbeiten oft große Gefahren dar. Der Einsatz von Georadar kann hier helfen, solche Strukturen vorzeitig zu erkennen. Eine andere Anwendung des Georadars dient der Auffindung von Gräben oder anderen Anomalien, die durch Grabungsarbeiten verursacht wurden.



Hohlraumsuche im 3. Bezirk von Wien

**ZAMG – Zentralanstalt für
Meteorologie und Geodynamik**

1190 Wien, Hohe Warte 38
Tel.: +43 1 36026 2502
E-Mail: geophysik@zamg.ac.at
www.zamg.ac.at

Angewandte Geophysik

Leitung: Ingrid Schlögel
E-Mail: ingrid.schloegl@zamg.ac.at
Tel.: +43 1 36026 2506

Jakob Gallistl
E-Mail: jakob.gallistl@zamg.ac.at
Tel.: +43 1 36026 2506

Alois Hinterleitner
E-Mail: alois.hinteleitner@zamg.ac.at
Tel.: +43 1 36026 2502

Klaus Löcker
E-Mail: klaus.loecker@zamg.ac.at
Tel.: +43 1 36026 2526

Hannes Schiel
E-Mail: hannes.schiel@zamg.ac.at
Tel.: +43 1 36026 2502

Ralf Totschnig
E-Mail: ralf.totschnig@zamg.ac.at
Tel.: +43 1 36026 2526



ZAMG
Zentralanstalt für
Meteorologie und
Geodynamik