

Angewandte Geophysik

Einführung

Stefan Hergarten

Institut für Geo- und Umweltwissenschaften
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Warum Geophysik in Hydrogeologie-Modul?

Datenerfassung: Eigenschaften von Grundwasserleitern werden hauptsächlich indirekt (Pump- und Tracerversuche etc.) oder mittels geophysikalischer Methoden bestimmt.

Methodik: Grundgleichungen hinter den meisten geophysikalischen Methoden sind recht ähnlich zu den Fließgesetzen im Untergrund.

Bereiche der Geophysik

Erforschung der physikalischen Eigenschaften und Vorgänge der Erde:

Feste Erde: Allgemeine Geophysik

Hydrosphäre: Ozeanographie, Hydrologie

Atmosphäre: Meteorologie, Aeronomie

Geophysikalische Methoden

Physikalische Methoden zur Erkundung des Untergrunds (von der Oberfläche bis zum Erdkern)

- Messung physikalischer Felder an oder oberhalb der Erdoberfläche oder in Bohrlöchern
- Relativ einfache und zerstörungsfreie Erkundung des Untergrunds

Inversion

- Geophysikalische Messwerte liefern nur indirekte Information über den Untergrund.
- Erstellung eines Modells des Untergrunds aus den (z. B. an der Oberfläche) gemessenen Feldern heißt Inversion.

Aktive und passive Verfahren

Passive Verfahren werten ein von der Erde bereitgestelltes Feld und dessen Beeinflussung durch den Untergrund aus.

Aktive Verfahren erzeugen selbst ein Feld und werten dessen Beeinflussung durch den Untergrund aus.

Angewandte Geophysik

Anwendung geophysikalischer Methoden in Bereichen, die auch außerhalb der geophysikalischen Forschung relevant sind, z. B.

- Rohstoffe
- Grundwasser
- Altlasten
- Archäologie
- Massenbewegungen

Fundamentale Wechselwirkungen

Starke Wechselwirkung hält die Bausteine der Atomkerne zusammen und hat nur eine sehr kurze Reichweite.

Elektromagnetische Wechselwirkung ist für die Wechselwirkung von Atomen und Molekülen verantwortlich und bestimmt damit die meisten Vorgänge auf der Erde.

Schwache Wechselwirkung spielt nur bei einigen Kernzerfällen eine Rolle.

Gravitation (Anziehung zwischen Massen) ist die Wechselwirkung, die im täglichen Leben am stärksten wahrgenommen wird.

Typen von Feldern

Unterteilung nach der Anzahl der Feldkomponenten:

Skalare Felder, z. B. Temperatur, Druck

Vektorfelder, z. B. Gravitation, elektrisches Feld, Magnetfeld

Unterteilung nach der Art der „Ausbreitung“:

Potentialfelder: stationär, z. B. Gravitation, beschrieben durch elliptische Differentialgleichungen.

Diffusive Felder, z. B. Temperaturfeld, beschrieben durch parabolische Differentialgleichungen.

Wellenfelder, z. B. seismische Wellen, beschrieben durch hyperbolische Differentialgleichungen.

Die wichtigsten geophysikalischen Methoden

Gravimetrie

Messung des natürlichen Schwerefeldes der Erde



Passive Methode

- Detektiert Massenüberschüsse und -defizite im Untergrund
- Große Bedeutung bei der Rohstoffsuche und der Erkundung des Erdinneren
- Große Bedeutung in der Geodäsie, z. B. Geoid oder zeitliche Höhenänderungen
- Großräumige Grundwasseränderungen erkennbar

Die wichtigsten geophysikalischen Methoden

Seismik

Untersuchung der Ausbreitung mechanischer Wellen

Seismologie: Theorie der Wellenausbreitung, Erkundung des Erdinneren mit Hilfe der von Erdbeben ausgesandten seismischen Wellen



Passive Methode

- Liefert den Großteil unseres Wissens über das Erdinnere
- Zählt normalerweise nicht zur Angewandten Geophysik

Seismik: Erkundung des Untergrunds mittels selbst erzeugter Wellen (Hammerschlag, Sprengung, Vibration)



Aktive Methode

Die wichtigsten geophysikalischen Methoden

Geomagnetik

Messung des natürlichen Magnetfeldes der Erde bzw. dessen Beeinflussung durch den Untergrund



Passive Methode

- Zielgröße: Magnetische Suszeptibilität („Magnetisierbarkeit“)
- Prospektion von Erzlagerstätten
- Detektion von Altlasten
- Auch zur Unterstützung der geologischen Kartierung geeignet (unterschiedliche Suszeptibilität verschiedener Gesteine).
- Anwendung im Prinzip einfach, kann aber durch die zeitliche Variation des Erdmagnetfelds gestört sein.

Die wichtigsten geophysikalischen Methoden

Geoelektrik

Gleichstrom-Geoelektrik: Strom wird durch den Untergrund geschickt, und Potentialdifferenzen (Spannungen) gemessen.



Aktive Methode

- Zielgröße: Elektrische Leitfähigkeit bzw. Widerstand
- Leitung hauptsächlich durch Elektrolyte in Wasser



Vielleicht wichtigste geophysikalische Methode für die Grundwasserhydrologie

Die wichtigsten geophysikalischen Methoden

Geoelektrik

Induzierte Polarisation (IP): Verhalten beim Ein- und Ausschalten des Stroms



Aktive Methode

Detektion von Erzen und Tonmineralien

Eigenpotential-Methode (SP): Messung natürlicher Potentialdifferenzen (Kontaktpotentiale, Oxidation)



Passive Methode

Detektion von Erz- und Graphitlagerstätten sowie Altlasten

Die wichtigsten geophysikalischen Methoden

Elektromagnetische Methoden

Wechselwirkung zeitlich veränderlicher elektrischer und magnetischer Felder:

Niedrige Frequenzen: Induktion

Hohe Frequenzen: Elektromagnetische Wellen

- Anregung durch Leiterschleifen, lange gerade Leiter oder Sendespulen
- Abtastung mit Elektroden oder Empfängerspulen
- Berührungslose Messung möglich, z. B. vom Flugzeug aus

Werden oft unter „Wechselstromgeoelektrik“ den geoelektrischen Methoden zugeordnet.

Die wichtigsten geophysikalischen Methoden

Elektromagnetische Methoden

Zweispulenverfahren: Induktion von Wirbelströmen im Untergrund



Aktive Methode

Transientelektromagnetik (TEM, auch TDEM = Time-Domain Electromagnetics): Verwendung von zeitlich begrenzten Signalen.



Aktive Methode

Very Low Frequency Methode (VLF): Nutzung elektromagnetischer Wellen vorhandener Sender



Passive (oder besser parasitäre) Methode

Die wichtigsten geophysikalischen Methoden

Elektromagnetische Methoden

Magnetotellurik: Gleichzeitige Messung von Magnetfeld und elektrischen Spannungen. Induzierendes Magnetfeld kann natürlichen (Erdmagnetfeld, Blitze) oder künstlichen Ursprungs sein.



Aktive oder passive Methode

Die wichtigsten geophysikalischen Methoden

Elektromagnetische Methoden

Georadar (Bodenradar, GPR = Ground Penetrating Radar): Erzeugung hochfrequenter elektromagnetischer Wellen (bis Gigahertz-Bereich) und Erfassung von an Grenzflächen reflektierten Wellen



Aktive Methode

- Hohe Auflösung bei geringer Eindringtiefe (wenige Meter)
- Außer Feststoff-Grenzflächen erzeugen auch Sprünge im Wassergehalt Reflexion.
- Hauptanwendungen: Erkundung von Altlasten, Baugrunduntersuchung, Archäologie, Militär, Grundwassererkundung

Die wichtigsten geophysikalischen Methoden

Weitere Methoden

Geothermik: Messung von Temperaturen und Wärmeleitfähigkeiten



Passive Methode

Radiometrie: Messung radioaktiver Strahlung



Passive Methode