

Anwendung geophysikalischer Untersuchungstechniken in der Praxis – Wann, Wie und Wer? Hansruedi Maurer¹

Zusammenfassung

Geophysikalische Erkundungsmethoden liefern wichtige Untergrundinformation für viele Projekte z.B. in den Bereichen des Tiefbaus, Hydrogeologie und Naturgefahren. Komplexe geologische Strukturen sowie ein sehr breites Methodenspektrum erschweren jedoch oftmals den sinnvollen Einsatz geophysikalischer Messverfahren. *GeophysicalRecipes*, eine frei zugängliche Internetseite der Schweizerischen Geophysikalischen Kommission, bietet dazu Hilfestellungen. Sie enthält eine Suchmaschine, die typische Fragestellungen von Geologen und Ingenieuren mit geophysikalischen Messtechniken verbindet. Zusätzlich werden anwenderorientierte Informationen geliefert, die in Lehrbüchern nur schwer oder gar nicht zu finden sind.

Summary

Geophysical methods provide important subsurface information for many projects in civil engineering, hydrogeology and natural hazards. However, complex subsurface structures combined with a large variety of geophysical methods make it often difficult for a non-specialist to identify the most suitable techniques. *GeophysicalRecipes*, a free, internet-based application of the Swiss Geophysical Commission offers guidelines for geophysical applications. It includes a search engine that combines typical problems of geologists and engineers with appropriate geophysical techniques. Additionally, it provides practical information on the individual methods that are difficult to find in geophysical textbooks.

1. Einführung

Detaillierte Kenntnisse über den untiefen Untergrund bilden die Grundlage für die Lösung von vielen technischen Fragestellungen. Beispiele dafür sind Altlastenerkundungen, Grundwasseruntersuchungen, Strassen- und Tunnelbau, Naturgefahren (Bergstürze, Rutschhänge, Erdbebengefährdung, etc.), Hohlraumdetektionen, sowie die Überwachung von Stauanlagen und Dämmen. Einerseits sind geologische Parameter wie Lithologie, Schichtung und Klüftung von Interesse. Andererseits möchte man aber auch anthropogene Einflüsse wie Grundwasserverschmutzung oder ehemalige Bauten (archäologische Strukturen, alte Minenschächte) detektieren und abbilden können.

Für viele dieser Fragestellungen können geophysikalische Verfahren eingesetzt werden. Das Grundprinzip dieser Methoden ist relativ einfach. Ähnlich wie in der Medizin wird der «Patient Erde» mit Hilfe von Messungen an der Oberfläche und/oder in Bohrlöchern auf zerstörungsfreie Art und Weise durchleucht-

¹ Institut für Geophysik, ETH Zürich, Schafmattstrasse 30, 8093 Zürich, maurer@aug.ig.erdw.ethz.ch

tet, um verborgene Strukturen im Erdinnern abzubilden. Verschiedene geophysikalische Methoden bilden verschiedene Untergrundeigenschaften ab. Grundsätzlich kann man zwischen elastischen und elektrischen Eigenschaften unterscheiden. Die elastischen Grössen werden hauptsächlich mit seismischen Verfahren erfasst während elektrische Parameter mit Gleichstrom- oder Wechselstrom-Methoden charakterisiert werden können (z.B. Knödel et al. 1997).

In der Explorationsindustrie werden geophysikalische Methoden seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzt. Vor allem in der Erdöl/Erdgas Prospektion sind seismische Verfahren das wichtigste Untersuchungsinstrument. Für die Erkundung des untiefen Untergrunds (bis zu 100 m Tiefe) wurden geophysikalische Methoden, mit Ausnahme der Hydrogeologie und Rohstofferkundung, bis jetzt weniger häufig eingesetzt. Das hat verschiedene Gründe. Bedingt durch verschiedene Oberflächenprozesse (Erosion, tektonische Verschiebungen, etc.) weisen die untiefen Bereiche des Erdinnern oftmals eine komplizierte Struktur auf, deren Charakterisierung eine anspruchsvolle Aufgabe darstellt. Zudem können in urbanen Gebieten geophysikalische Messungen durch Erschütterungen und elektromagnetische Störfelder beeinflusst werden. Schliesslich erfordert die Wahl einer geeigneten geophysikalischen Methode umfangreiches Fachwissen. Deshalb wurde der untiefe Untergrund in der Vergangenheit meist mit Hilfe von Sondierarbeiten (Bohrungen, Rammsondierungen und Baggerschlitzten) erkundet. Diese Verfahren liefern punktuell präzise Information, eine vollständige räumliche Erfassung der interessierenden Bereiche ist jedoch nicht möglich.

Bedingt durch neue hochpräzise Messgeräte, die eine äusserst rasche Datenaufnahme ermöglichen, sowie die ständig wachsende Leistungsfähigkeit von kostengünstigen Computern, die die Anwendung von tomographischen Inversionsverfahren erlauben, ist es heute möglich, auch komplexe dreidi-

mensionale Strukturen in urbanen Gebieten mit geophysikalischen Methoden abzubilden (z.B. Fig. 1 und Maurer 1998). Damit ist es allerdings für den Geologen oder Bauingenieur nicht einfacher geworden, die geeignete geophysikalische Methode für die Lösung von seinem Problem zu finden.

Aus diesem Grund hat die Schweizerische Geophysikalische Kommission¹ beschlossen, ein neues Werkzeug zur Verfügung zu stellen, das es dem Nichtspezialisten erlaubt, sich auf effiziente Art und Weise eine Übersicht über geeignete Methoden für die Lösung von vielen Aufgaben zu finden. Da die geophysikalische Messtechnik sowie die Auswertungsmethodik einem raschen Wandel unterworfen ist, war es notwendig ein dynamisches Produkt zu kreieren, mit dem diese Neuentwicklungen kontinuierlich miteinbezogen werden können. Eine Internet basierte Datenbank hat sich diesbezüglich als die sinnvollste Lösung erwiesen, was zur Entwicklung der «*Geophysical Recipes*» (www.gr.sgpk.ethz.ch) geführt hat. In diesem Artikel wird das Konzept und die Funktionalität dieses frei zugänglichen und somit kostenlosen Produkts vorgestellt.

2. Geophysical Recipes – eine anwendungsorientierte Entscheidungshilfe

Die Grundidee für die *Geophysical Recipes* ist sehr einfach: Problemstellungen von Geologen und Ingenieuren werden mit geophysikalischen Lösungsansätzen verknüpft. Zusätzlich werden relevante Basisinformationen zu den geophysikalischen Methoden geliefert.

¹ Die Schweizerische Geophysikalische Kommission (SGPK) ist eine Institution der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften. Primäre Ziele der SGPK sind die geophysikalische Landesaufnahme und die Koordination von wissenschaftlichen Projekten von nationaler Bedeutung.

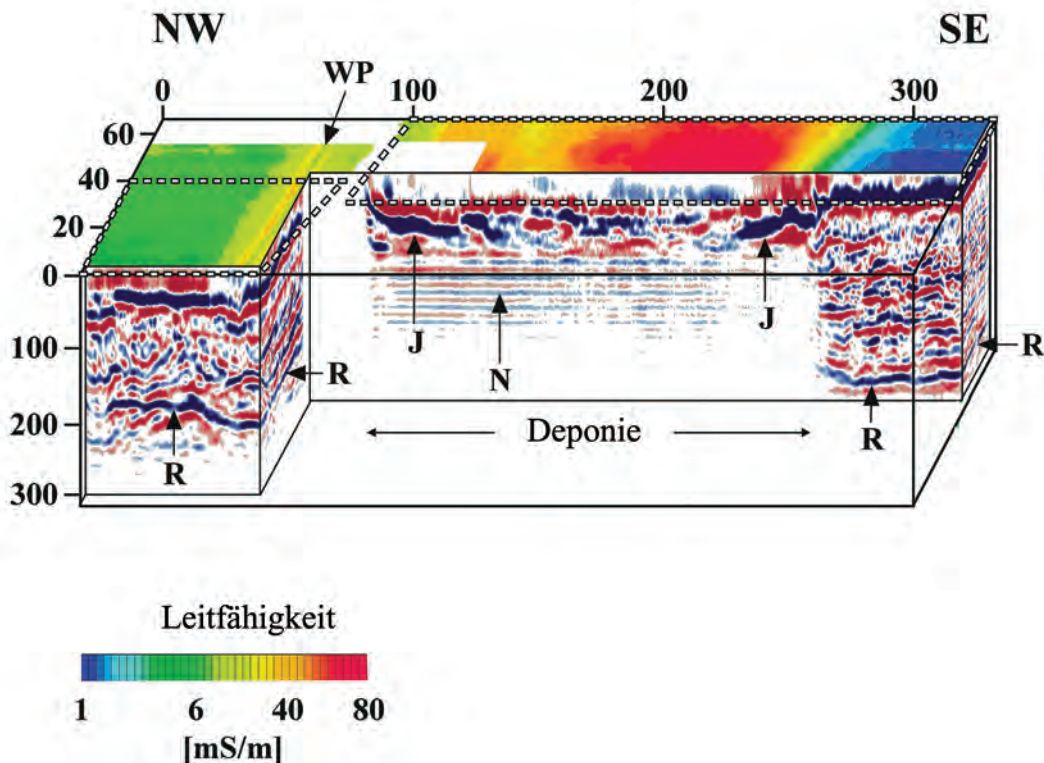


Fig. 1: Kombinierte Anwendung von elektromagnetischer Kartierung und 3D Georadarmessungen über einer Deponie (De Iaco et al. 2000). Die Deponie wird von den elektromagnetischen Messungen in Form von hohen Leitfähigkeiten erkannt (Oberseite des Würfels). Die Georadardaten charakterisieren die Sedimentstrukturen ausserhalb der Deponie. Bedingt durch die hohen Leitfähigkeiten werden die Georadarwellen über der Deponie stark gedämpft. **WP** bezeichnet eine Wasserleitung, **R** die Lage des Grundwasserspiegels, **J** eine leitfähige Schicht, und **N** sind Artefakte («system ringing»), die nicht interpretiert werden dürfen.

Der typische Ablauf einer *GeophysicalRecipes* Abfrage kann in vier Schritte aufgeteilt werden.

1. Problem spezifizieren
2. Mögliche geophysikalische Methoden identifizieren
3. Relevante Detailinformation der ausgewählten Methoden studieren
4. Geophysikalische Dienstleistung beim entsprechenden Anbieter bestellen.

Auf der Startseite von *GeophysicalRecipes* (www.gr.sgpk.ethz.ch) kann der Anwender mit der Option «Advanced Search» einen übergeordneten Problemkreis, z.B. Grundwasseruntersuchungen, bestimmen. Anschliessend wird ein spezifisches Problem,

z.B. Grundwasserverschmutzung, ausgewählt. Die Suchmaschine liefert dazu geophysikalische Untersuchungsmethoden, die für die spezifische Problemstellung eingesetzt werden könnten. Dabei wird zwischen empfohlenen und möglichen Lösungsansätzen unterschieden. «Mögliche» Methoden sind prinzipiell einsetzbar aber nicht unbedingt empfohlen, da bessere Alternativen existieren.

Wenn sich der Anwender für eine bestimmte Methode näher interessiert, dann kann er mit einem weiteren Mausklick weitergehende Informationen abrufen. Sie sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Im Gegensatz zu einem Lehrbuch sind hier vor allem anwenderorientierte Informationen aufgelistet. So

Informationsfeld	Beschreibung
Methoden-Typ	Bezeichnet übergeordnetes geophysikalisches Verfahren (z.B. Seismik oder Elektromagnetik)
Zugeordnete Probleme	Hier werden alle Problemtypen aufgelistet, die mit der geophysikalischen Methode assoziiert sind.
Prinzip	Kurzbeschreibung der geophysikalischen Methode
Stichwörter	Wichtige Begriffe, die mit der Methode verknüpft sind
Voraussetzungen	Hier werden alle Störeffekte aufgeführt, die den Einsatz der Methode verhindern könnten
Auflösung	Abschätzung der zu erwartenden räumlichen Auflösung
Zu erwartende Resultate	Kurze Beschreibung der Felddaten, Datenauswertung und Interpretation
Kombination mit anderen Methoden	Liste mit anderen Informationsquellen, die für die geophysikalische Methode relevant sind
Kosten	Grobe Abschätzung des Aufwands für Daten-Aufnahme und Verarbeitung
Messparameter	Wichtige Messparameter, die mit dem Geophysiker diskutiert werden sollten.
QC Dokumente	Qualitätssicherungsdokumente, die vom Geophysiker angefordert werden sollten
Endprodukt	Hier wird spezifiziert, in welcher Form die Untergrundinformation schlussendlich dargestellt wird
Illustrationen	Bilder von Messkampagnen und typische Resultate
Methodenanbieter	Links zu Firmen, die diese geophysikalische Methode anbieten.

Tab. 1: Zusammenstellung der Informationsfelder, die die *GeophysicalRecipes* für jede geophysikalische Methode liefern.

werden zum Beispiel problematische Randbedingungen erwähnt. Es werden aber auch Angaben über das Auflösungsvermögen und Kostenabschätzungen geliefert. Für die Kommunikation mit dem geophysikalischen Kontraktor ist zusätzlich ein Glossary vorhanden, in dem Fachausdrücke erklärt werden. Diesbezüglich können auch die Zusammenstellungen von relevanten Messparametern sowie QC-Dokumente, die vom Kontraktor geliefert werden sollten, von grossem Nutzen sein. Wenn sich der Anwender für eine geophysikalische Methode entschieden hat, dann kann er über die angegebenen

Web-Links direkt mit geophysikalischen Anbietern Kontakt aufnehmen².

Zusätzlich zu den Methodenbeschreibungen bieten die *GeophysicalRecipes* Qualitätsrichtlinien für geophysikalische Auftragsarbeiten. So werden zum Beispiel Hilfestellungen für Ausschreibungen und Bestellungen geliefert. Es existieren aber auch Richtlinien für die Datenakquisition, Berichterstattung und Archivierung.

² Zur Zeit existieren erst wenige Web-Links. Die Liste wird jedoch ständig erweitert.

3. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die *GeophysicalRecipes* wurden für Anwender mit wenig geophysikalischen Fachkenntnissen entwickelt. Es ist deshalb für Geologen und Ingenieure ein optimales Arbeitswerkzeug. Für weitergehende Planungen wird der Beizug eines Experten empfohlen. Allerdings gibt es mittlerweile auch Internet-Applikationen, die detailliertere Angaben liefern können. Ein Beispiel dafür ist *GeoPASS*, ein System, das von der holländischen TNO Gruppe entwickelt wurde³. Hier können a priori Information bezüglich der physikalischen Untergrundparameter angegeben werden, womit *GeoPASS* geophysikalische Experimente und zusätzlich sinnvolle Messparameter vorschlägt. *GeophysicalRecipes* und *GeoPASS* ergänzen sich somit ideal.

Die den *GeophysicalRecipes* zugrunde liegende Datenbank erlaubt auf einfachste Art und Weise, Modifikationen und Erweiterungen des Systems. Somit können neue Verfahren problemlos eingefügt werden. Ebenso können zusätzliche Problemstellungen integriert werden. Die kontinuierliche Aktualisierung erfordert jedoch Rückmeldungen von Anwendern und Experten. Dies kann über die *GeophysicalRecipes* Startseite auf einfache Art und Weise bewerkstelligt werden.

Es ist geplant, die *GeophysicalRecipes* mit einer Fallstudienbibliothek zu erweitern. Diese Berichte sollen die Nützlichkeit geophysikalischer Methoden aber auch potentielle Probleme dokumentieren. Auch hier sind Beiträge willkommen.

Literatur

- De Iaco, R., Green, A.G. & Horstmeyer, H. 2000: Integrated geophysical study of a landfill and its host sediments. *Europ. J. Environ. Eng. Geophys.*, 4, 223–263.
- Knödel, K., Krummel, H., und Lange, G., 1997: Handbuch zur Erkundung des Untergrunds von Deponien und Altlasten. Band 3 - Geophysik. Springer Verlag, Heidelberg.
- Maurer, H.R. 1998: Moderne geophysikalische Methoden. Schweiz. Ingenieure und Architekten (SI+A), 38/98, 7–11.

³ http://www.tno.nl/bouw_en_ondergrond/watermanagement_en_nderg/geodataacquisitie/geopass/