



Wie und womit können geophysikalische Methoden bei der Altlastenbearbeitung helfen?

Dr. Matthias Kracht

Tel.: 0611-6939-720

Email: Matthias.Kracht@hlug.hessen.de

www.hlug.de





Inhalt:

1. Einleitung
2. Fachliteratur und Experten (Wie kann die Geophysik bei der Altlastenbearbeitung helfen?)
3. Womit kann die Geophysik bei der Altlastenerkundung helfen? (Überblick über die Verfahren - Neuere Verfahren mit Beispielen)





Bewertung von Ergebnissen

Bewertung von Ergebnissen

Ingenieure	Geophysiker
Absolut unfehlbar	Mehrdeutig, mehrere gleichwertige Lösungen möglich
Alle Eigenschaften sind in Maßeinheiten genau bestimmt	Eigenschaften können nur angenähert ermittelt werden
Keine Interpretation erforderlich	Interpretation unbedingt erforderlich
<p>Klare Darstellung der Aufgaben und Probleme</p> <p>Eindeutige Beschreibung der Einschränkungen</p>	

Geophysikalische Verfahren:	Bemerkungen:
Ergänzen sich wechselseitig	Empfindlich bei unterschiedlichen Parametern
Sind zerstörungsfrei	Ausnahme Bohrlochgeophysik
Helfen bei der Wahl von Bohransatzpunkten	Kann großflächig eingesetzt werden und liefert Ergebnisse zwischen Bohrpunkten

Einsatzbereiche der Geophysik



Lokalisierung	E I N S A T Z B E R E I C H	E		
	Struktur, Volumen	Deponieinhalt	Schadstoffaustrag	Bodenparameter
<ul style="list-style-type: none"> • Suche • Abgrenzung • Kartierung • Ortung 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiefenangaben • Schichtaufbau • Mächtigkeiten • Böschungs- u. Sohlenstruktur • Hydrogeologie im Deponiegut • Hydrogeologie Sohlenbereich 	<ul style="list-style-type: none"> • Eisenschrott • andere Metalle • Grenze zwischen Schutt und Hausmüll o Galvanik-u.a. Schlämme • Elektrolytquellen • thermische Herde o Radioaktivt. • Salinität^{x)} 	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrogeologie des Umlandes • lithologische Identifizierung der Schichten • elektrolyt. Abströmfahne o thermische Abströmfahne o biochemische Zonierung im Abstrom 	<ul style="list-style-type: none"> • dynamische Elastizitätszahlen • Klüftigkeitskoeffizient • elektrische Leitfähigkeit • Dielektrizitätskonstante • Korrosivität • Anisotropiekennzahlen • Raumdichte^{x)} • Porosität^{x)} • Wassersätt.^{x)}

• praktisch erprobt o nach Literatur oder postuliert x) nach Bohrlochmessungen

EINSATZBEREICHE DER INGENIEURGEOPHYSIK IN DER ERKUNDUNG VON ALTLAST-VERDACHTSFLÄCHEN



Einsatzmöglichkeiten von geophysikalischen Verfahrenen

Meßverfahren	E I N S A T Z B E R E I C H E									
	Ortung und Kartierung		Volumen, Struktur		Deponie Inhalt		Ausbreitung Schadstoffe		Bodenparameter	
Geoelektrik (Kartierung)	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-
Geoelektrik (Sondierung)	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+
Elektromagnetik (Kart.)	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-
Elektromagnetik (Sond.)	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Georadar	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
Eigenpotential (SP)	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Refraktionsseismik	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+
Geomagnetik	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-
Gravimetrie	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-
Geothermie	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
Radiometrie	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Bohrlochmessungen	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+

++ ... Standardverfahren +- ... prinzipiell geeignet -- ... ungeeignet

EINSATZMÖGLICHKEITEN DER WICHTIGSTEN GEOPHYSIKALISCHEN VERFAHREN
IN DER DEPONIEFLÄCHENERKUNDUNG

2. Fachliteratur



Das aktuellste Buch zu diesem Thema ist das:

Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten
Bd.3 Geophysik von Knödel, Krummel, Lange bei Springer in 2005

erschienen (ISBN 3-540-22275-8)

Themen, die behandelt werden:

- Einleitung.
- Vorbereitung geophysikalischer Messungen.
- Magnetik.
- Gravimetrie.
- Geoelektrik.
- Elektromagnetik.
- Bodenradar.
- Seismik.
- Geothermik.
- Radiometrie.
- Aerogeophysik.
- Bohrlochgeophysik.
- Geophysikalische Penetrationssondierungen.
- Milieusondenmessungen.
 - Petrophysik.
- In-situ-Überwachung.
 - Glossar.
- Sachverzeichnis.



2. Fachliteratur



Das aktuellste Buch zu diesem Thema ist das:

Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten
Bd.3 Geophysik

Aufbau der einzelnen Kapitel:

- Prinzip der Methode
- Anwendungsmöglichkeiten
- Grundlagen
- Messgeräte
- Feldarbeiten
- Bearbeitung und Interpretation der Messdaten
- Qualitätssicherung
- Aufwand (Personal, Technik und Zeit)
- Abschätzung zu erwartender Messeffekte
- Beispiele
- Messgrößen
- Literatur



2. Fachliteratur



Das aktuellste Buch zu einem verwandten Thema ist:

Groundwater Geophysics von Kirsch bei Springer in 2006 erschienen
(ISBN 3-540-29383-3)

Themen, die behandelt werden:

- Petrophysical properties
- Seismic methods
- Geoelektrical methods
- Complex conductivity measurements
- Electromagnetic methods – frequency domain
- The transient electromagnetic method
- Ground penetrating radar
- Magnetic resonance sounding
- Magnetic, geothermal and radioactive methods
- Microgravimetry
- Direct push-technologies
- Beispiele zu Aquiferstrukturen (Poren und Kluft); Grundwasserqualität (Salzwasserintrusion); geophysikalische Charakteristik von Aquiferen; Grundwasserschutz





2. Experten

Bei der Deutsche Geophysikalische Gesellschaft (DGG) findet man einen Expertenpool (hier unter Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeophysik) unter: <http://www.dgg-online.de/experten.php>

Dabei handelt es sich hauptsächlich um Hochschullehrer bzw. um Ansprechpartner bei den entsprechenden Landes- und Bundesbehörden.





2. Geophysikfirmen (zertifiziert)

Berufsverband Deutsche Geowissenschaftler (BDG)

Hier stellen sich die vom BDG geprüften und zertifizierten Geophysik-Firmen mit ihren Dienstleistungsangeboten vor. Der BDG empfiehlt die Beauftragung geprüfter Geophysik-Firmen:

http://www.geoberuf.de/index.php?option=com_content&view=category&id=100&Itemid=77/

Der BDG ein neues Qualitätssiegel für Geophysikfirmen eingeführt. Mess- und Beratungsunternehmen, die eine Prüfung bestehen, erhalten den Titel „Qualitätsgeprüfte Firma im BDG“. Ziel ist es, die Qualität und die Akzeptanz geophysikalischer Leistungen am Geomarkt zu verbessern:

http://www.geoberuf.de/index.php?option=com_content&view=article&id=58%3Azertifizierungen&catid=66%3Azertifizierungen&Itemid=65&limitstart=4



3. Überblick: Geophysikalische Verfahren



Anwendungsbereich \ Verfahren	Erkundung der Geologie des Umfeldes	Erkundung der Altlast	Erkundung der Schadstoffausbreitung	Bemerkungen
Geomagnetik	(+) (in Ausnahmefällen)	(+) (Bei magnetischem Inhalt)	-	entfällt b. Nutzung von ferromagnetischen Installationen
Geoelektrische Kartierung	+ (nicht in allen Fällen geeignet)	+	(+) (Forschungsbedarf)	entfällt b. Nutzung von metall. Leitungen und Installationen
Widerstands-sondierung	+	(+) (Bei homogenem Aufbau)	dto.	dto.
Induzierte Polarisation	(+) (in Ausnahmefällen)	(+) (Forschungsbedarf)	(+) (Forschungsbedarf)	dto
Eigenpotentialmessungen	(+) (in Ausnahmefällen)	(+) (Forschungsbedarf)	-	dto
Elektromagnetische Kartierung	+ (Erkundungen v. Verwerfungen u. N.)	+	+	dto.
VLF	(+)	+	(+) (Forschungsbedarf)	Begrenzte Eindringtiefe
Bodenradar	(+) (nur in trockenem Substrat, geringe Tiefe)	(+) (nur zur Lokalisierung)	-	bedarf noch der Verifizierung
Refraktionsseismik	+ (nicht in allen Fällen geeignet)	(+) (nur zur Lokalisierung)	-	ziemlich aufwendig, Störungen durch Bodenunruhe
Reflexionsseismik	(+) (für manche Fragestellungen geeignet)	-	-	sehr aufwendig, Störungen durch Bodenunruhe
Gravimetrie	-	(+) (nur zur Lokalisierung)	-	aufwendig, nur bei ruhiger Topographie
Geothermik	-	(+) (Forschungsbedarf)	-	
Bohrlochgeophysik	grundsätzlich in allen Bohrungen anzuwenden			

- + Einsatz möglich
- (+) Einsatz mit Einschränkung möglich
- Einsatz nicht möglich





3. Überblick: Geophysikalische Verfahren (elektrische und elektromagnetische Verfahren)

Übersicht über die wichtigsten elektrischen und elektromagnetischen Verfahren in der geophysikalischen Deponieerkundung

Methode	Frequenz bzw. Zeitbereich	Anregung /Ankopplung	Empfänger / direkte Meßgrößen	Abgeleitete Meßgrößen
Eigenpotential	DC ¹	Natürliche Potentiale	Potentialsonden / Potentialdifferenzen	
Gleichstromgeoelektrik	DC, AC < 50 Hz	Elektroden /galvanisch	Potentialsonden / Potentialdifferenzen und Speisestromstärke	Scheinbarer spezifischer Widerstand
Mise-à-la-masse	DC	Eine der Elektroden auf gutleitender Struktur	Potentialsonden / Potentialdifferenzen Spulen / magnetisches Feld	Scheinbarer spezifischer Widerstand
Induzierte Polarisation (Complex Resistivity)	10 mHz -- 10 kHz	Elektroden / galvanisch und induktiv	Potentialsonden / Potentialdifferenzen, Speisestromstärke, Phasenverschiebung zum Speisestrom	Aufladecapazität, Metallfaktor, frequenzabhängiger komplexer scheinbarer spezifischer Widerstand (Cole - Cole-Parameter)
Elektromagnetik Zweispulensysteme	100 Hz - 60 kHz	Sendespule / induktiv	Induktionsspule (einachsiger Magnetsensor) / magnetische Felder	Normiertes sekundäres Magnetfeld, Scheinleitfähigkeit
CSAMT	1 Hz - 10 kHz	1-2 geerdete elektrische Dipole/galvanisch und induktiv	Dreiachsiger Magnetfeldsensor und Potentialelektroden / magnetische und elektrische Felder	Scheinbarer spezifischer Widerstand, Impedanztensor, Induktionsvektor
VLF, VLF-R, LF, LF-R (RMT) ²	15 kHz -- 1 MHz	Längst- und Mittelwellensender/induktiv	Spulen, Potentialsonden / magnetische und elektrische Felder	Magnetische und elektrische Übertragungsfunktionen, scheinbarer spezifischer Widerstand
TEM Transient-Elektromagnetik	5 µs - 5 ms nach Stromabschaltung	Spule / induktiv	Spule/Abklingkurven der induzierten Spannung	Scheinbarer spezifischer Widerstand
Radiowellen-Schattenmethode	15 kHz -- 20 MHz	Antenne / induktiv, kapazitiv	Antenne / elektromagnetische Feldstärke, Phasenverschiebung	Normierte elektromagnetische Dämpfung, normierte Phasenverschiebung
Georadar	20 MHz - 1 GHz Impuls	Antenne / kapazitiv	Antenne / elektrische Feldstärke	Leitfähigkeit, dielektrische Konstante, Ausbreitungsgeschwindigkeit

¹ DC Abkürzung des englischen Begriffes Direct Current - Gleichstrom, AC Abkürzung von Alternating Current - Wechselstrom

² RMT Abkürzung für Radio-Magnetotellurik

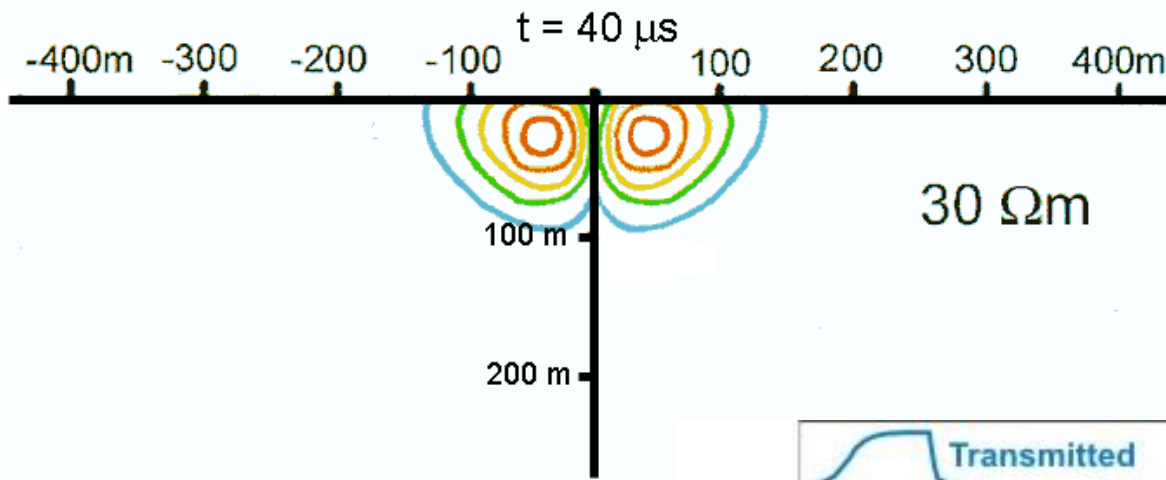


3. Überblick: Geophysikalische Verfahren (Auswahl)

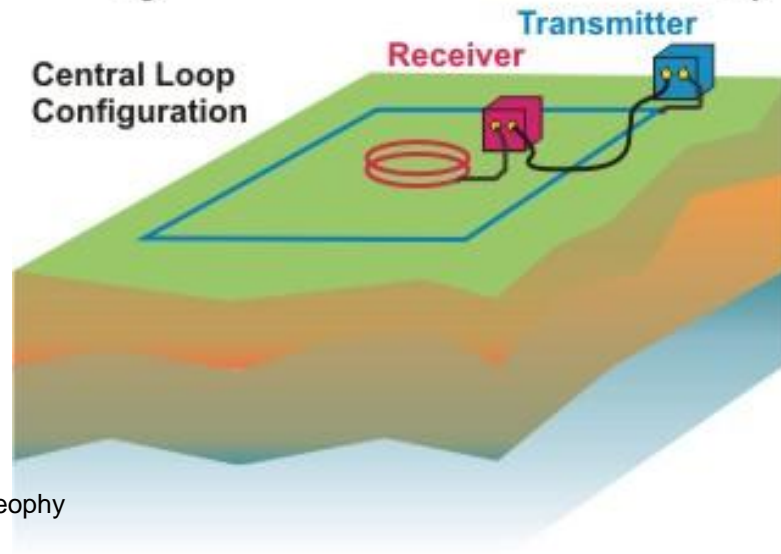
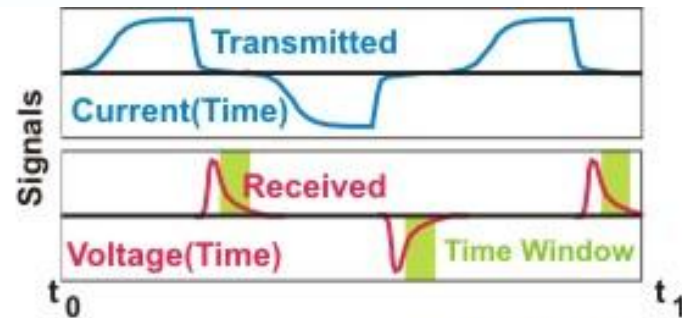


Methode	Anregung/ Ankopplung	Empfänger/direkt e Messgrößen	Abgeleitete Messgrößen
Gleichstromgeo- elektrik	Elektroden/ galvanisch	Potenzialsonden/ Potenzialdifferenzen und Speisestrom	Scheinbarer spezifischer Widerstand
Induzierte Polarisation	Elektroden/ Galvanisch	Potenzialsonden/ Speisestromstärke Phasenverschiebung zum Speisestrom	Aufladevermögen frequenzabhängige r komplexer scheinbarer Widerstand
VLF	Lang- und Mittelwellensender /induktiv	Spulen, Potenzialsonden/ magnetische und elektrische Felder	Magnetische und elektrische Übertragungsfunktion, scheinbarer spez. Widerstand
TEM	Spule/induktiv	Spule/Abklingkurve n der induzierten Spannung	Scheinbarer spezifischer Widerstand
Georadar	Antenne/kapazitiv	Antenne/elektrische Feldstärke	Leitfähigkeit, Ausbreitungsgeschwindigkeit





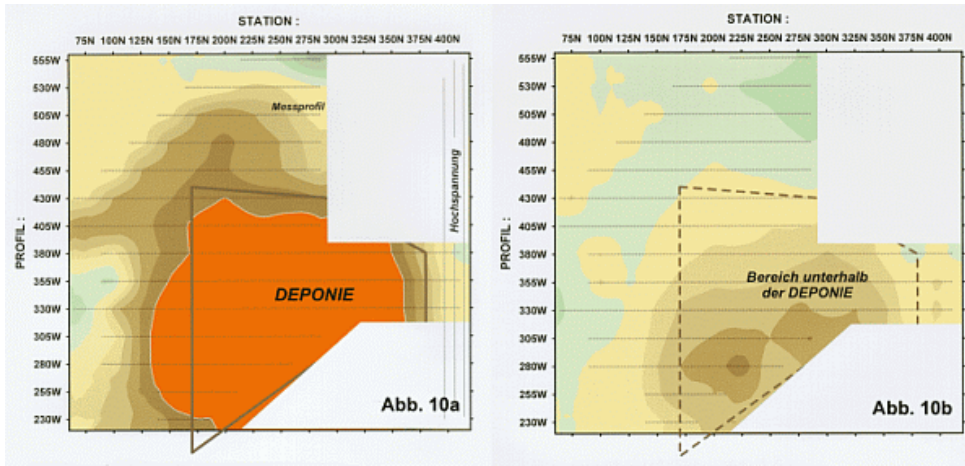
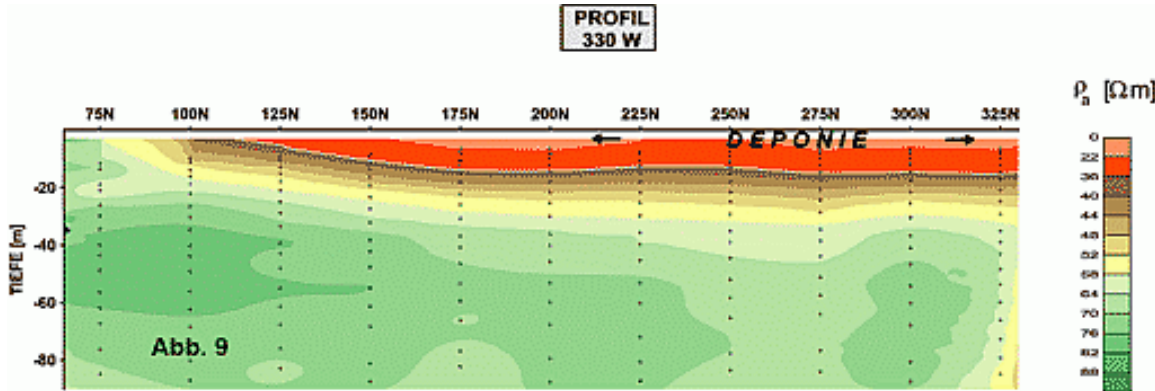
3. Beispiele für neuere Verfahren: Transienten Elektromagnetik (TEM)



http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/GG_Geophysik/Bodengeophysik/Transienten_EM/tem_inhalt.html?nn=1563426



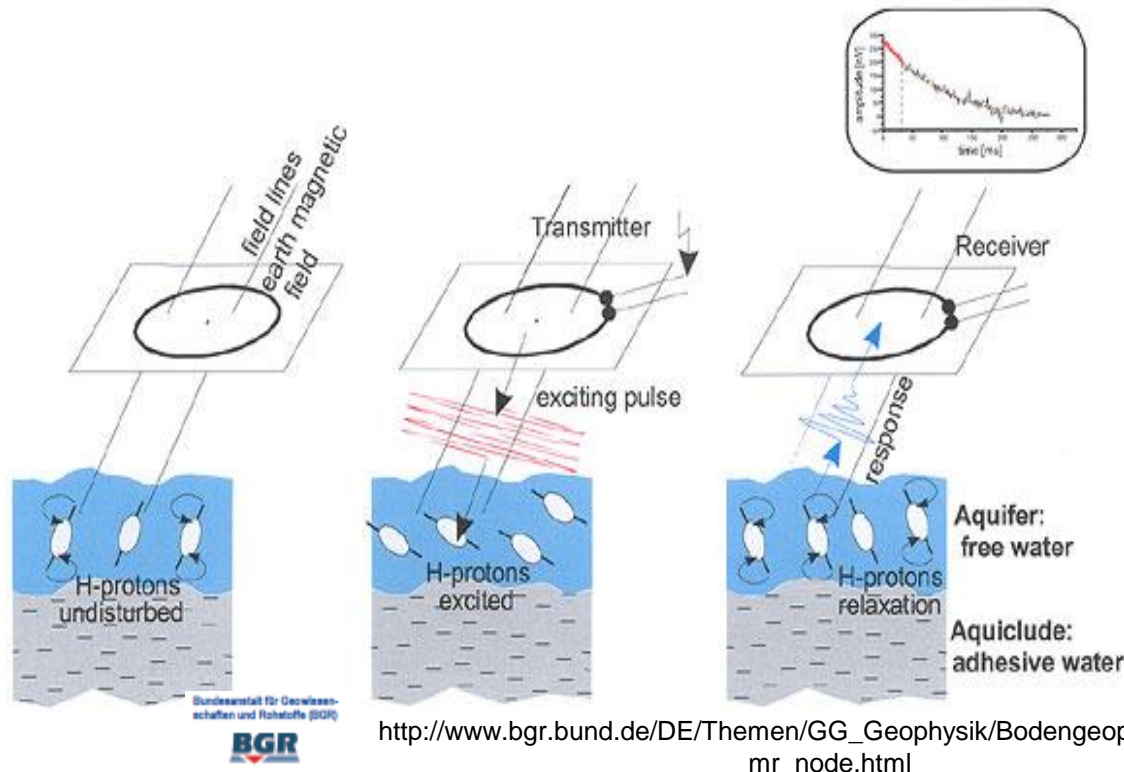
Transientenelektromagnetik (TEM) zur Erkundung einer Mülldeponie



http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/GG_Geophysik/Bodengeophysik/Transienten_EM/tem_inhalt.html?nn=1563426



3. Beispiele für neuere Verfahren (SNMR-Oberflächen-Nuklear-Magnetische Resonanz)



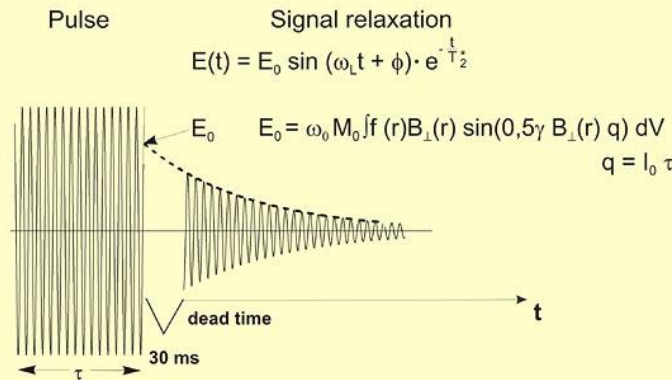
SNMR ermöglicht als einziges geophysikalisches Oberflächenverfahren die direkte Bestimmung des Wassergehaltes im Untergrund!



3. Beispiele für neuere Verfahren (SNMR)

Surface Nuclear Magnetic Resonance

Excitation and Decay



Measured quantity	Hydrogeological parameter	
Signal amplitude	E_0	Water content \rightarrow porosity
Signal decay time	T_2^*	Permeability (k_f - value)
Signal phase	ϕ	Ground resistivity
Pulse moment	q	Investigation depth \rightarrow sounding

$E_0 \sim$ square of local Earth magnetic field B_0 !

SNMR sounding curves for aquifers at different depths with different thickness

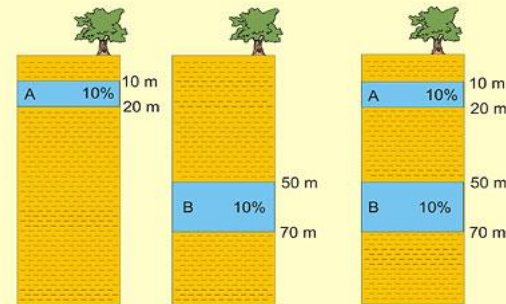
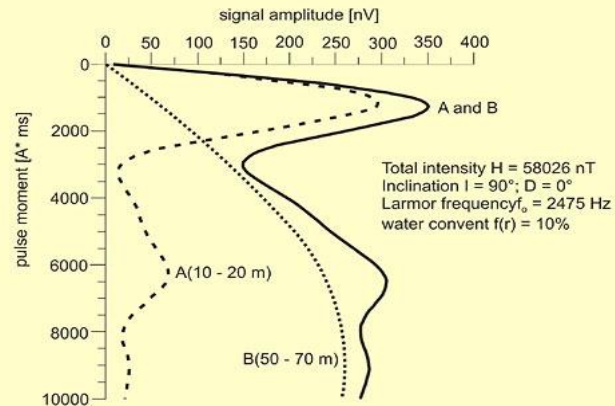




Figure 2: A picture of the test site, taken from the geosciences building on April 21st 2008. The three areas in front are sealed of the surrounding area by a 2 mm PE-foil.

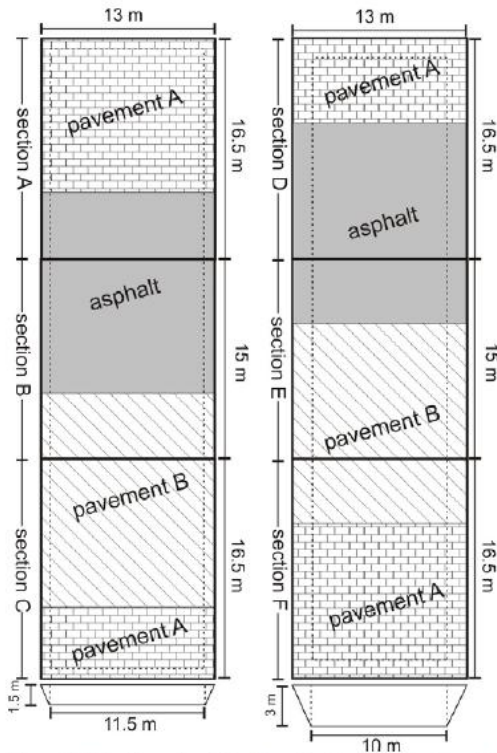


Figure 1. The dimension of the Frankfurt test site. Section A,B and C have natural soil conditions, Section D,E and F are sealed

Das Frankfurter Bodenradar- Testfeld

Naser, M. & Junge, A., 2008

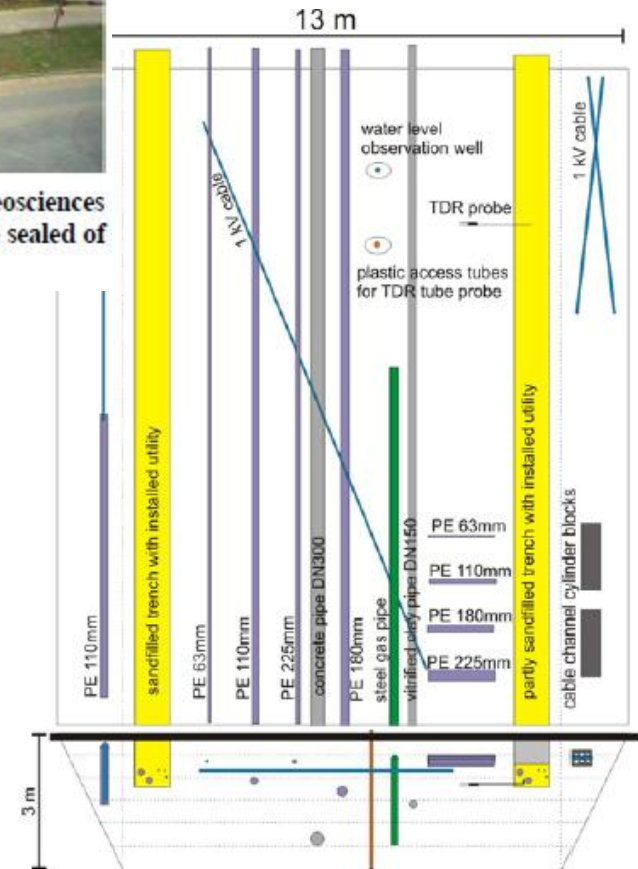


Figure 3. Exemplary arrangement of the installed utility in section F

Entscheidungshilfe zur Methodenauswahl

Entscheidungshilfe zur Methodenwahl

Verfahren	Geomagnetik	Geoelektrische Kartierung	Widerstands-sondierung	Induzierte Polarisation	Eigenpotential-messung	Elektromagnetische Kartierung	VLF	Bodenradar	Refraktions-seismik	Reflexions-seismik	Gravimetrie	Geothermik
Lokalisierung, Ausdehnung	+	+	-	(+)	-	+	(+)	(+)	(+)	-	(-)	-
Abdeckung : Durchlässigkeit	-	+	(-)	+	+	+	(+)	+	-	-	-	(-)
Abdeckung : Mächtigkeit	-	-	+	(+)	-	-	-	(+)	-	-	-	-
Mächtigkeit der Altlast	-	-	+	-	-	-	-	(+)	+	+	-	-
Ortung von Einzelobjekten 1)	(+)	+	-	(+)	(+)	+	+	+	-	-	-	-
Sickerwege in der Altlast	-	+	-	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-	-	-	+
Sickerwege im Umfeld/Untergrund 2)	-	(+)	-	+	(+)	+	(+)	-	+	(+)	-	(-)
Schabdichtung : Einbau	-	-	+	-	(-)	-	-	-	-	-	-	-
Schabdichtung : Natürlich	-	-	+	-	-	(-)	-	-	(+)	(+)	-	-

- 1) auch Schadstoffkonzentrationen
 2) auch Erkundung von Verwerfungs- und Karatsystemen

- + Geeignet
 (+) Nicht in allen Fällen geeignet
 (-) In Ausnahmefällen geeignet
 - Nicht geeignet



Zusammenfassung:

1. **Einleitung (Wie und womit können geophysikalischen Methoden bei der Altlastenbearbeitung helfen?)**
2. **Fachliteratur und Experten (Wie kann die Geophysik bei der Altlastenbearbeitung helfen?)**
3. **Womit kann die Geophysik bei der Altlastenerkundung helfen? (Überblick über die Verfahren - Neuere Verfahren mit Beispielen)**
4. **Herzlichen Dank, dass sie sich für das Thema „Wie und womit können geophysikalische Methoden bei der Altlastenbearbeitung helfen?“ interessiert haben!**
5. ***Falls sie Fragen zum Thema Geophysik haben, bitte rufen sie mich an oder schicken mir eine E-Mail!***

