

## Das Georadarverfahren

Das Messprinzip beim Georadar ist das Impulsradarprinzip, bei dem kurze hochfrequente elektromagnetische Impulse, die von einer Sendeantenne in den Boden abgestrahlt werden, an den Grenzflächen im Boden nach oben reflektiert werden und dort mit einer Empfängersonde aufgenommen werden (Abb.1). Diese Reflektoren sind Diskontinuitäten der relativen Dielektrizitätskonstante.

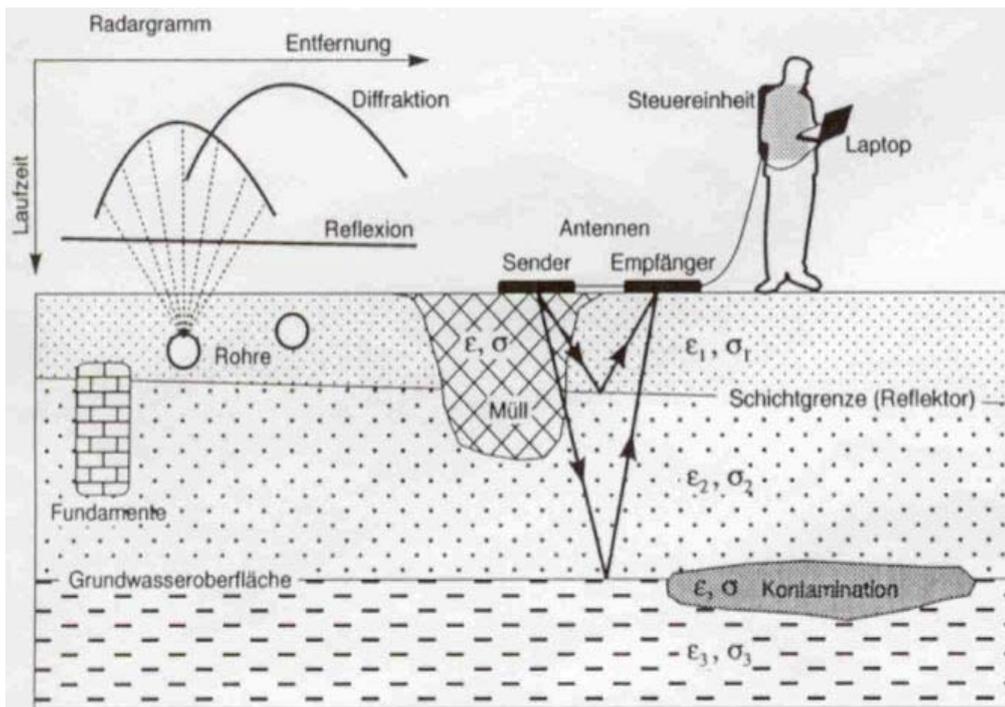


Abb. 1. Messprinzip [1]

Die im Georadar eingesetzten Sendefrequenzen liegen zwischen ca. 35 – 2.000 MHz, die Dauer des Sendepulses beträgt etwa  $5 \times 10^{-9}$  s bis  $20 \times 10^{-9}$  s. Die Wiederholfrequenz der Sendepulse kann etwa 50 – 100 kHz betragen. Die Messgröße bei diesem Verfahren ist die Zweiwegelaufzeit der Wellen. Aus der Laufzeit und der Kenntnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen im Untergrund kann die Tiefenlage des Reflektors bestimmt werden.

Zunächst stellt eine Georadaraufnahme einen Zeitschnitt des Untergrundes dar, da die Echolaufzeit gemessen wurde (Abb.2). Das bedeutet, dass die Tiefenskala der Aufnahme die Zeit und nicht die Länge anzeigt. Um die wahre Tiefenlage eines Störkörpers zu erhalten, muss deshalb das Zeitmaß in ein Tiefenmaß umgerechnet werden. Dazu benötigt man zunächst die genaue Ausbreitungsgeschwindigkeit der Radarwellen im Untergrund.

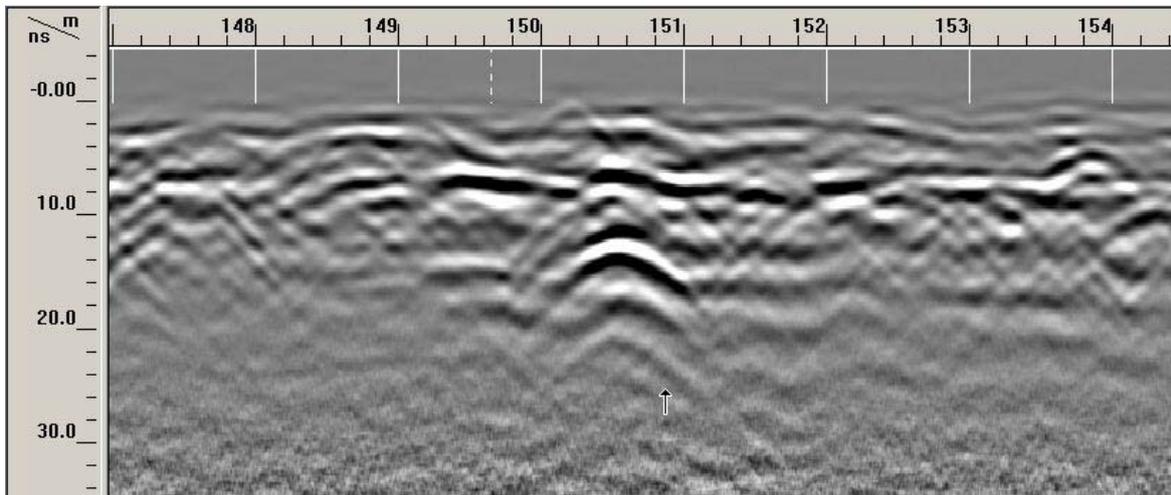


Abb.2. Georadargramm mit Zeitskala

Für Frequenzen über 10 MHz gilt folgende Gleichung [1].

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad [1]$$

v – Ausbreitungsgeschwindigkeit [m/s]

$\epsilon_r$  – relative Dielektrizitätskonstante

c – Lichtgeschwindigkeit (ca. 300 000 km/s)

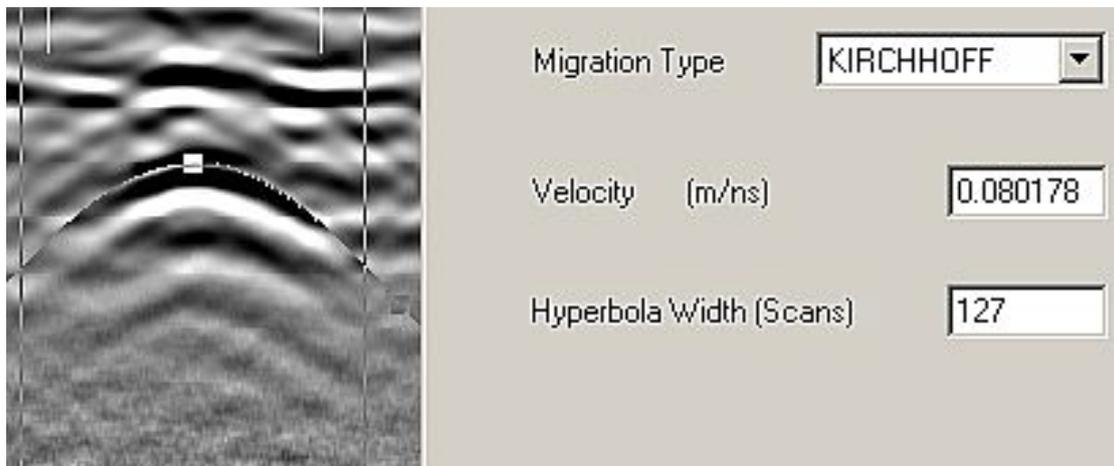


Abb. 3. Bestimmung der Ausbreitungsgeschwindigkeit

Durch Anpassung der Hyperbel an das registrierte Messsignal wird die Ausbreitungsgeschwindigkeit in dem jeweiligen Medium berechnet (Abb.3). Die Hyperbelparаметer bestimmen die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen im untersuchten Medium.

Um nun die Umrechnung des Zeitmaßstabes in ein Tiefenmaß zu vollziehen, benötigt man Gleichung [2].

$$z = \frac{(v * t)}{2} \quad [2]$$

z – Tiefe [m]

t – Doppellaufzeit [ns]

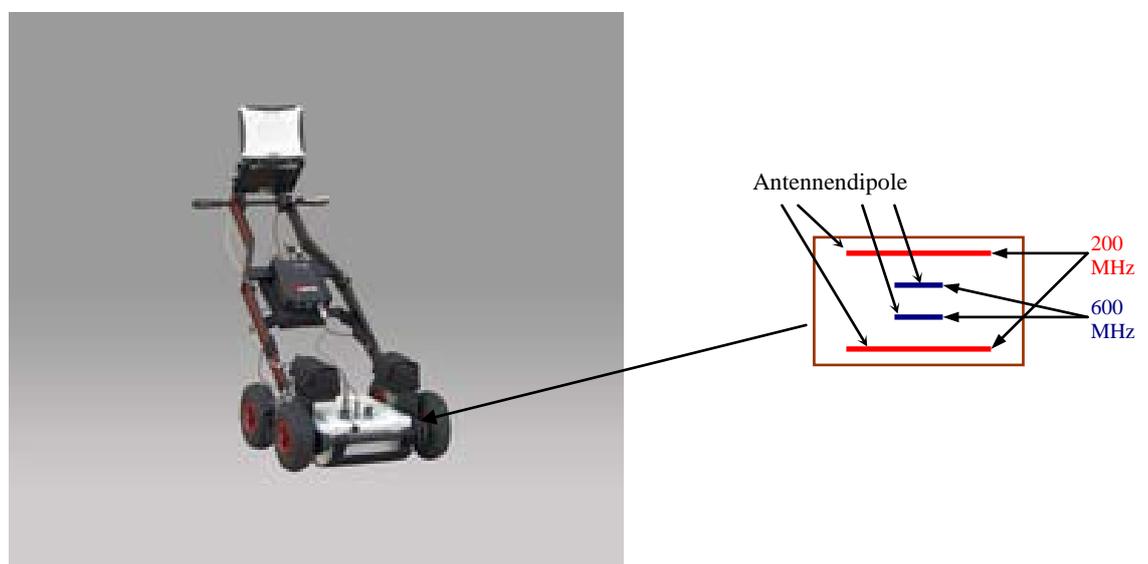
Beim Georadar sind Erkundungstiefe und Auflösungsvermögen gegenläufig. Die verwendeten Messkonfigurationen müssen deshalb einen Kompromiss zwischen guter Unterscheidung von Objekten und großer Eindringtiefe darstellen. Die maximale erreichbare Eindringtiefe in feuchten Lockersedimenten oder Ablagerungskörpern beträgt gemäß unseren Erfahrungswerten ca. 4 (200 MHz Antenne) bis 10 m (100 MHz Antenne, s. Abb. 4.) und ist somit geringer als bei anderen geophysikalischen Verfahren. Sie wird von den Faktoren Wellenfrequenz, Spezifische Leitfähigkeit und Relative Dielektrizitätskonstante bestimmt. Das Auflösungsvermögen (wenige cm bis 1,5 m) liegt theoretisch im Bereich der halben Wellenlänge.

### Ground-Coupled Antennas

Model	Center Frequency	Depth of Penetration	Typical Applications
5100	1600 MHz	.5 m	Concrete Evaluation
3101	900 MHz	1 m	Concrete Evaluation, Void Detection
5103	400 MHz	4 m	Utility, Engineering, Environmental, Void Detection
5104	270 MHz	6 m	Utility, Engineering, Geotechnical
5106	200 MHz	7 m	Geotechnical, Engineering, Environmental
3207	100 MHz	20 m	Geotechnical, Engineering, Mining
3200 MLF	16 - 80 MHz	0 - 50 m	Geotechnical

Abb. 4 Eindringtiefe der unterschiedlichen GPR- Antennen

Wir setzen das Georadar RIS MF Hi-Mod, der Fa. IDS ein. Ein großer Vorteil dieses Gerätes ist, dass ein Messprofil (eine Spur) mit zwei Antennen (200 MHz u. 600 MHz) kartiert wird. (s. unten)



Zur Darstellung der Ergebnisse werden folgende Begriffe verwendet:

- **Einzelobjekte:** Alle im Lageplan eingezeichneten Einzelobjekte entsprechen einem singular und punktuell georteten Signal, welches sich auf **keiner** parallel verlaufenden oder schneidenden Profiltrasse wiederholt. Bei Einzelobjekten handelt es sich in der Regel um Bombenblindgänger, Munition/Munitionsreste, größere Steine, Fundamentreste aber auch größere Wurzeln, o.ä..
- **Lineare Objekte:** Alle im Lageplan eingezeichneten Linearen Objekte entsprechen einem singular und punktuell georteten Signal, welches sich auf der parallel verlaufenden oder schneidenden Profiltrasse in etwa gleicher Tiefe wiederholt. Bei Linearen Objekten handelt es sich in der Regel um (Versorgungs-) Leitungen (Wasser, Strom, Gas, Telefon) aber auch Streifenfundamente o.ä..
- **Auffüllungen:** Ähnlich wie bei Störkörpern handelt es sich bei den Auffüllungen um mehrere Meter entlang der Profillinie aushaltende Signale, die auf eine flächenhafte Ausdehnung hindeuten. Jedoch lassen sich die meist inhomogen zusammengesetzten Bereiche von Auffüllungen oder verfüllten Baugruben sowie deren Abgrenzung zum gewachsenen Untergrund bis in den tieferen Untergrund genau auflösen.
- **Störkörper:** Werden durch aushaltende Signale geortet, die auf eine flächenhafte Ausdehnung hindeuten und die gleichzeitig eine Auflösung des darunter liegenden Untergrundaufbaus mittels Georadar sehr schwer zulassen. Diese Strukturen werden im folgenden als Störkörper bezeichnet und sind u. E. auf größere Bauschuttbrocken, Fundamentreste, Bauwerkreste aber auch auf stärker verfestigte Schichten im Untergrund zurückzuführen.
- **Störzonen:** Werden durch aushaltende Signale geortet, die auf eine flächenhafte Ausdehnung hindeuten und gleichzeitig eine Auflösung des darunter liegenden Untergrundaufbaus mittels Georadar **nicht zulassen**. Diese Strukturen werden im folgenden als Störzonen bezeichnet und sind u. E. auf Objekten aus Metall (Gullys, Straßenabläufe, Schieber und e.t.c.) und Stromkabel zurückzuführen.

Literatur:

1. **Blindow, N., Richter T. und Petzold, H.** *Bodenradar*. In: Knödel K, Krummel H, Lange G: Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten, Band 3, Geophysik, Seiten 369 – 403, Springer-Verlag, Berlin, 1997
2. **Reynolds J:** An introduction to applied and environmental geophysics. Wiley-Verlag, Chichester, 1997