

GGU-Fallbeispiel

Vorerkundung von Gleistrassen mittels Georadar

Aufgabe

Im Rahmen eines kombinierten geophysikalischen-geotechnischen Untersuchungsprogramms von Gleistrassen dient die Vorerkundung mit Georadar der schnellen und lückenlosen Grobdiagnose.

Mit einer Georadarvorerkundung wird eine Übersicht über die Verhältnisse im Gleiskörper und im nahen Untergrund erzielt. Schwachstellen können entdeckt werden.

Die anschließende Feindiagnose durch geotechnische Verfahren (z.B. Bohrung oder Schürfe) kann dadurch in Hinsicht auf die Positionierung und Anzahl optimiert werden.

Meßprogramm

- *Multisensor-Hochgeschwindigkeitsgeoradar*

Erkundungsziele

Typische Erkundungsziele der Grobdiagnose sind:

- Schotterverschmutzung
- Unterkante Schotter bzw. Planum
- eingebaute Schichten (PSS, FSS, Packlagen)
- Fehlstellen (z.B. Schottersäcke)
- Schichtgrenzen im nahen Untergrund

Untergrund

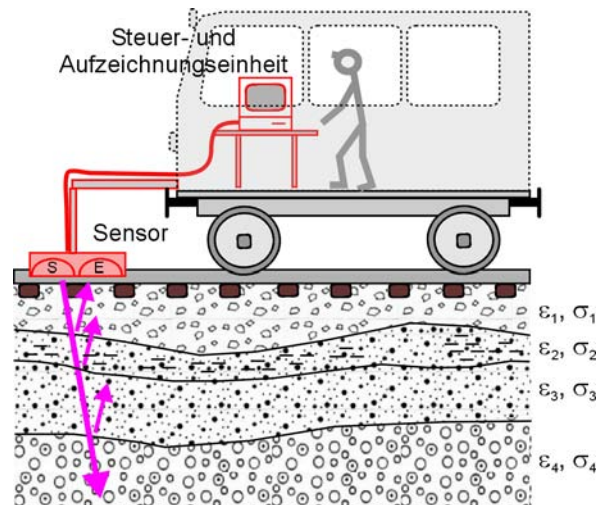
Das wichtigste Kriterium für die Anwendung von Georadar ist allgemein der Untergrund. Seine Eigenschaft entscheidet über die Detektierbarkeit von Bodenstrukturen. Zum einen muß das Gesuchte einen ausreichenden Kontrast zur Umgebung aufweisen und zum anderen darf das Radarsignal nicht zu stark absorbiert werden. Für die Eindringtiefe ist i.w. die elektrische Leitfähigkeit des Untergrundes verantwortlich. Das Schotterbett bietet günstige Voraussetzungen für die Wellenausbreitung, da die Signalabsorption meist gering ist. Gleiches gilt für die Schutzschichten sowie für den Untergrund, falls dieser nicht bindig ist. Bindige Böden beschränken die Tiefenreichweite, da sie infolge ihrer hohen elektrischen Leitfähigkeit das Radarsignal stärker absorbieren.

Tiefenreichweite

Die ersten 1,5 Meter können in der Regel detailliert erkundet werden. Bis 2,5 m Tiefe liegen oft Verhältnisse vor, die gute Aussage über Schichtgrenzen bzw. -wechsel erlauben. Größere Tiefenreichweiten sind weniger sicher und hängen sehr von der Bodenart ab. Günstig wirkt sich sandig-kiesiger Untergrund aus, wo Eindringtiefen von 5 m und mehr vorkommen können.

Einschränkende Verhältnisse

- Weichen: starke Beschränkung
- Betonschwellen: geringer Einfluß durch Spannstaahl
- Holzschwellen: ungünstiger Einfluß bei Durchnässung
- Stahlschwellen: starke Beschränkung, Messung nur im Schwellenfach bzw. seitlich der Schwellenköpfe erfolgreich.

**Abb. 1**

Schematische Meßaufstellung bei Georadarmessungen auf Gleistrassen.

Dicker Pfeil: Von der Sendeantenne S ausgesandte, durch das Gleis in den Untergrund transmittierte Welle.

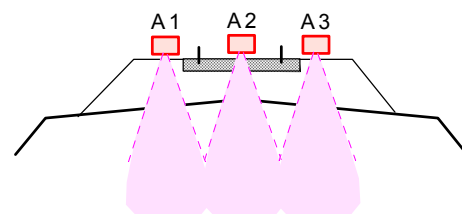
Dünne Pfeile: An Schichtgrenzen reflektierte und von der Empfängerantenne registrierte Wellen.

Reflexionen treten v.a. an Kontrasten der elektrischen Materialeigenschaften Dielektrizität ϵ und Leitfähigkeit σ auf.

Meßsystem

Das Meßsystem besteht aus einer Steuer- und Aufzeichnungseinheit sowie den Sensoren (siehe Abb. 1). Meist werden die Messungen mit mehreren Sensoren zugleich durchgeführt. Die Sensoren befinden sich z.B. an den Schwellenköpfen und in der Gleismitte (siehe Abb. 2). Mit schnellen Georadargeräten können prinzipiell hohe Geschwindigkeiten der Meßfahrt erreicht werden, sodaß den teilweise engen betrieblichen Voraussetzungen bei Bahnbetreibern entsprochen werden kann. Für Messungen mit erhöhter Genauigkeit ist die Geschwindigkeit zu reduzieren.

Die Georadardaten werden digital aufgezeichnet, damit die Daten mit speziellen Auswerteverfahren aufbereitet werden können.

**Abb. 2** Typische Positionen der Radarsensoren und deren Strahlrichtung: A1 und A3 direkt neben den Schwellenköpfen, A2 in der Gleismitte.

In der Gleismitte können nach Bedarf auch mehrere Sensoren plziert werden.

Meßsensoren

Für die Georadarmessungen stehen mehrere Sensortypen (Antennen) zur Verfügung. Man unterscheidet diese durch ihre sog. Dominanzfrequenz. Bedingt einerseits durch das Metall der Schienen und ggf. der Schwellen sowie andererseits durch die Rauheit des Schotters können nur mittel- bis hochfrequente Sensoren (zwischen etwa 200 MHz und 800 MHz) sinnvoll eingesetzt werden. Die tieffrequenten Sensoren besitzen eine größere Tiefenreichweite, reagieren aber störepfindlicher auf Metalle. Die Hochfrequenten lösen besser auf, falls die Schichtgrenze ausreichend glatt ist.

Sensorkopplung

Bei den verwendeten Sensoren handelt es sich um rückwärtig abgeschirmte Flächenantennen, sodaß Störsignale von oben stark unterdrückt werden. Die Sensorkopplung und damit der Energieeintrag in den Untergrund ist größer und die Streuverluste sind geringer, falls sich die Antenne nahe am Boden befindet.

Kostengrößenordnung:

200 km Gleistrasse, Messung, Auswertung: 50 T€

Abb. 3 Beispielradargramme verschiedener Streckenlängen und Eindringtiefe, (Radargramme können in etwa mit einem Tiefenschnitt verglichen werden, Mittenfrequenz der Radarsignale bei A und B: ca. 350 MHz, bei C und D: ca. 450 MHz)
 A: Beispiel für Schichtgrenzen im Untergrund
 B: Beispiel für Mächtigkeitsschwankungen des Schotters aufgrund gering tragfähigem Untergrund
 C: Beispiel für einen Wechsel des Untergrundes
 D: Beispiel für den Beginn einer Schutzschicht (PSS)

