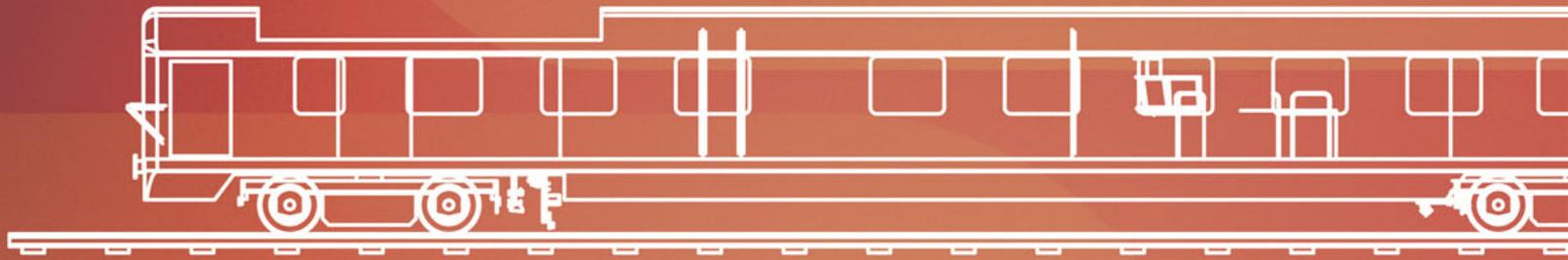




# Unterwegs auf sicherem Grund



GeoControl



Tunnel Control



Rail Control



Head Control



Crack Control



Visual Control

*georail*<sup>®</sup>

# Georadar ???

**geo...** [zu griechisch >Erde<, >Erdboden<]

**...radar** [Kurzwort aus englisch *Radio detection and ranging*,  
"Aufspüren und Orten durch Radiowellen"]

## Grundprinzip

- Aussenden und Empfangen kurzer elektromagnetischer Impulse  
(Impulslänge ca. 1 ns)
- Auswertung von Laufzeit und Intensität der reflektierten Impulse

Die **Dielektrizitätskonstante**  $\epsilon = \epsilon_0 * \epsilon_r$  ist die physikalische Größe, die für die Arbeitsweise des Verfahrens der bestimmende Parameter in Böden und anderen Medien ist.

- $\epsilon_0$  = elektrischen Feldkonstante
- $\epsilon_r$  = materialabhängigen Dielektrizitätszahl
  - z.B.:  $\epsilon_r$  Luft = 1,  $\epsilon_r$  Wasser = 81,  $\epsilon_r$  Lehm = 8



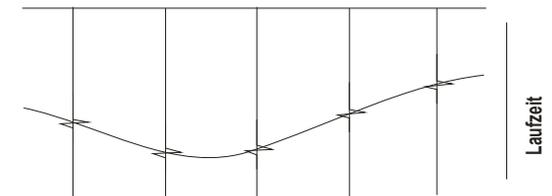
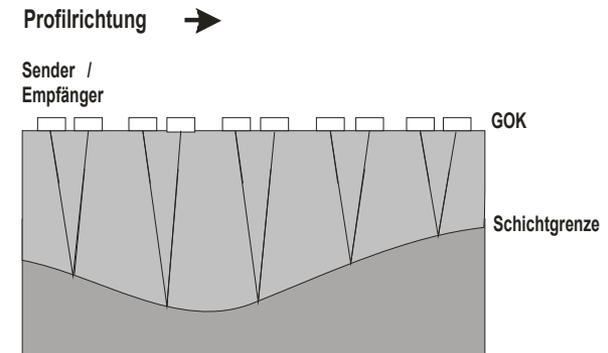
**Reflektivität (R)** zwischen 2 Schichten

$$r(k, i) = \frac{\sqrt{\epsilon_{r,k}} - \sqrt{\epsilon_{r,i}}}{\sqrt{\epsilon_{r,k}} + \sqrt{\epsilon_{r,i}}}$$

**Bsp:**

Trockner Sand ( $\epsilon_r=4$ ) / Kunststoff ( $\epsilon_r=5$ ) =  $R = 0,0557$ , sehr kleiner Wert

Luft ( $\epsilon_r=1$ ) / Wasser ( $\epsilon_r=2$ ) =  $R = 0,8$ , max. Wert



Weiterer Beachtung gilt der **Leitfähigkeit  $\sigma$**  im Ausbreitungsmedium.

Sie bestimmt die **maximale Eindringtiefe** von elektromagnetischen Wellen.

- Luft = 0,00
- Leitungswasser = 0,0001 - 0,03
- Meerwasser = 4,00
- Sand, trocken = 0,0000001 - 0,001
- Lehm, verunreinigt = 0,10 - 1,00

**Je höher die Leitfähigkeit, desto geringer die Eindringtiefe.**

Einfluss der **Antennenfrequenz:**

- je höher die Frequenz um so
  - geringer die Eindringtiefe
  - höher die Auflösung

Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$

Geschwindigkeit

$$v = \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\epsilon_{r \text{ Luft}} = 1$$

$$\longrightarrow v = 30 \text{ cm/ns}$$

$$\epsilon_{r \text{ Luft/Schotterkorn}} \sim 4 \quad (3-5)$$

$$\longrightarrow v = 15 \text{ cm/ns}$$

$$\epsilon_{r \text{ Schotter/Feinkorn}} \sim 6 \quad (4-7) \text{ trocken}$$

$$\longrightarrow v \sim 12 \text{ cm/ns}$$

$$\epsilon_{r \text{ Schotter/Feinkorn feucht}} \sim 15 \quad (15-30) \text{ feucht,}$$

10-15% Wasseranteil

$$\longrightarrow v \sim 8 \text{ cm/ns}$$

Das Georadar misst die Laufzeit zwischen Antenne und Schichtgrenze(n).

Diese Zeitmessung ist hochgenau (Messwertschwankung  $\sim 5$  Picosekunden [ps])

Vergleich: Laufzeit bis ca. 15 cm unter PSS  $\sim 25 \text{ ns} \pm \sim 5 \text{ ps}$

Systemfehler:  $\sim 1 - 2 \text{ mm}$

# GeoControl

*georail Sprinter*



## 3-D zur Detektion von:

- Hohlräumen
- Kabeln
- Rohren
- Schichtdicken
- Dübeln/Ankern
- Spanngliedern/-kanälen
- Schichtgrenzen

Antennenarray, 14 Kanäle mit je 400 MHz

# GeoControl

## georail Sprinter



Hornstrahler, 400 MHz



Rückansicht

### zur Detektion von:

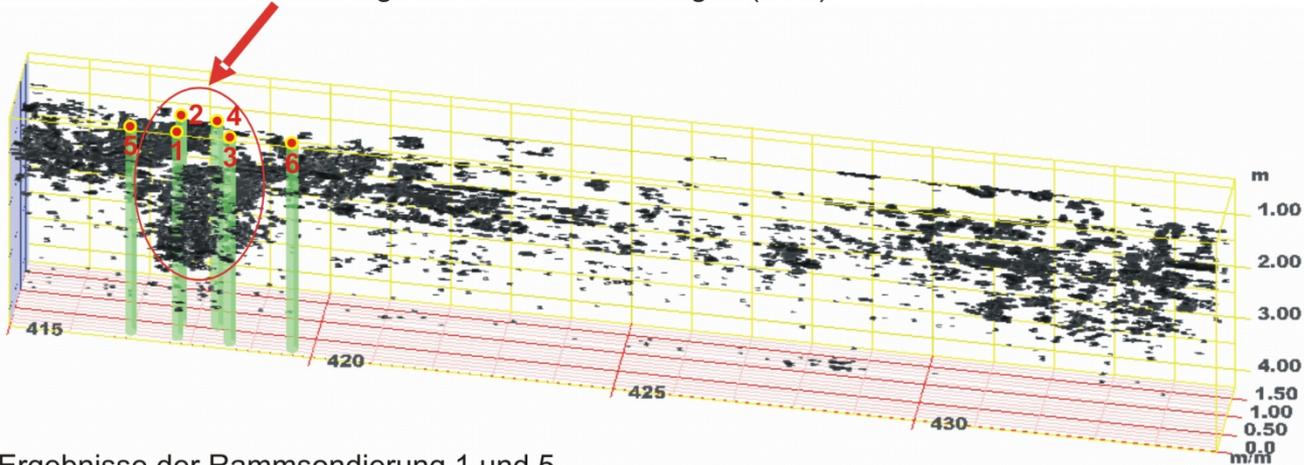
- Hohlräumen
- Kabeln
- Rohren
- Schichtdicken
- Dübeln/Ankern
- Spanngliedern/-kanälen
- Schichtgrenzen

in jeweils 3 Profilen pro  
Richtung

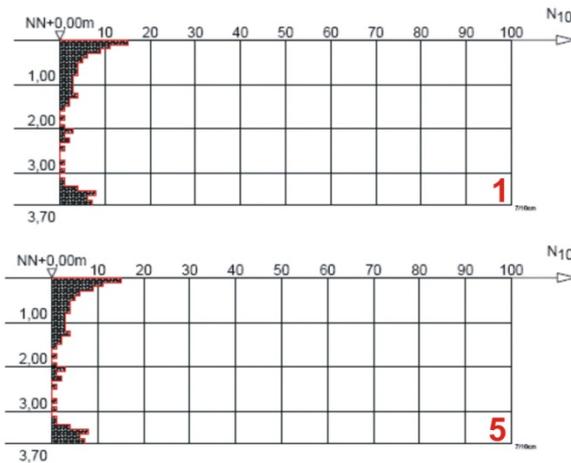


Einsatz Radararray TerraVision auf einem Seedeich.

Vermutete Schadstelle mit Lage der Rammsondierungen (DPL)



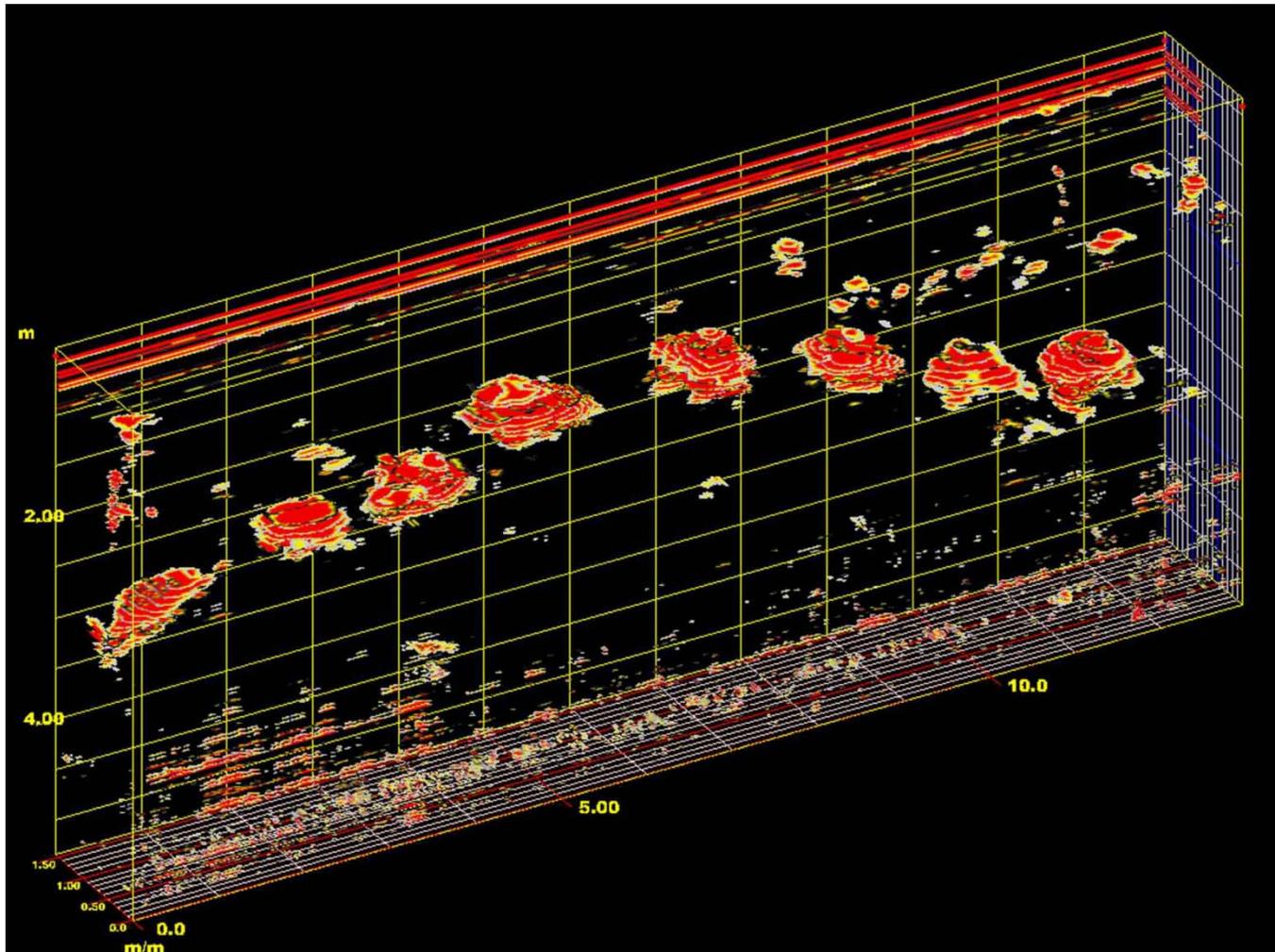
Ergebnisse der Rammsondierung 1 und 5



Videoausschnitt mit Schadstelle und Sondierungspunkten



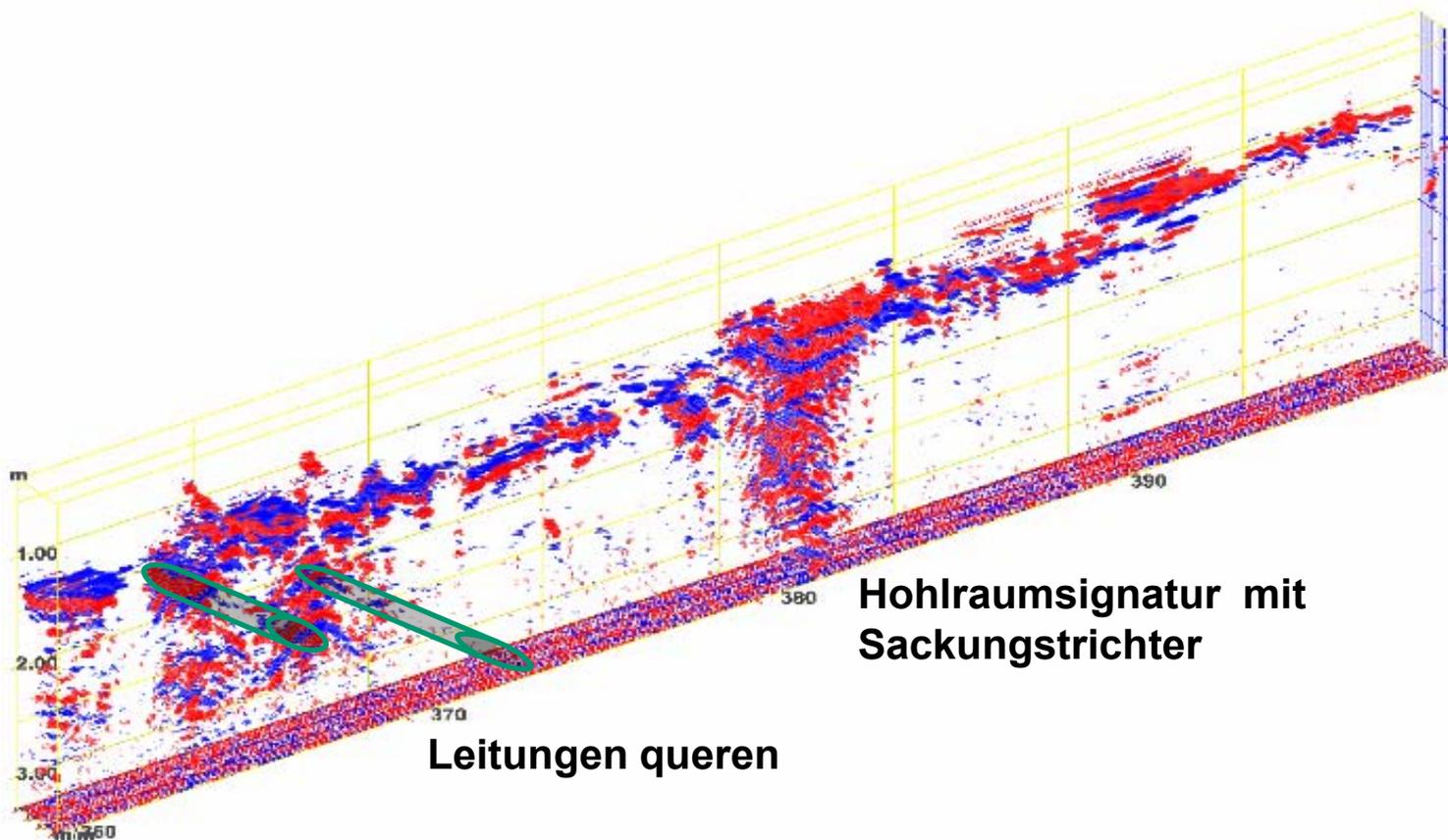
Beispiel aus der Detektion und anschließenden Verifikation von Hohlräumen an einer Kanalböschung



Dreidimensionale Darstellung von Hohlräumen auf Basis einer Befahrung mit dem Radararray TerraVision

# GeoControl

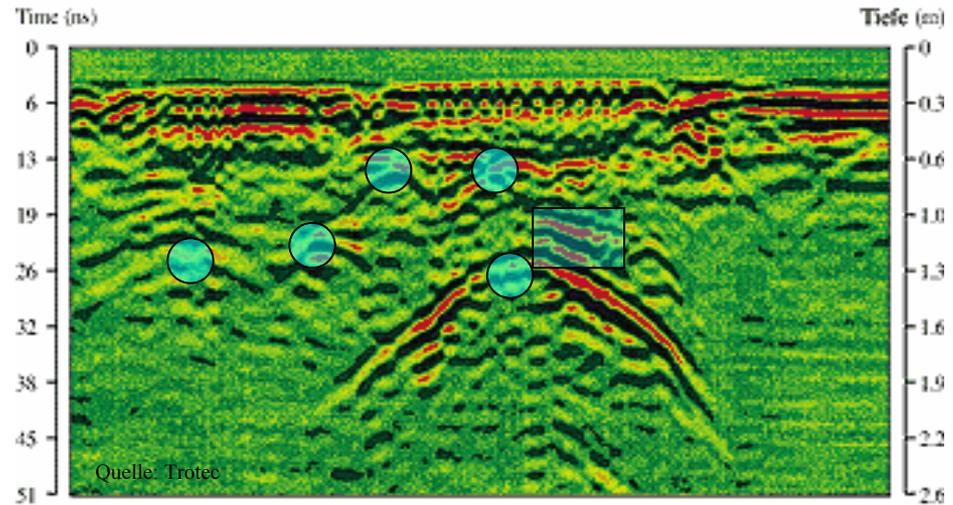
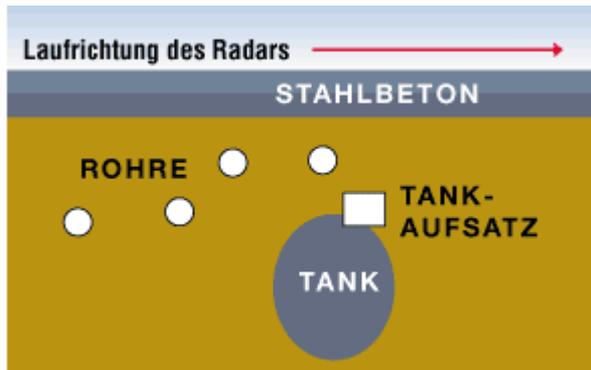
Transparente 3D-Darstellung



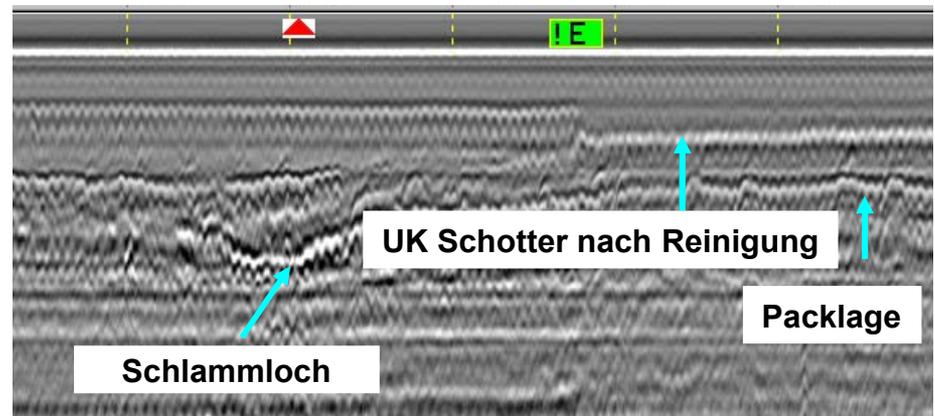
Hohlraumsignatur mit  
Sackungstrichter

Leitungen queren

# GeoControl



- SO ↘
- Schwellen →
- UK Schotter →
- UK PSS →

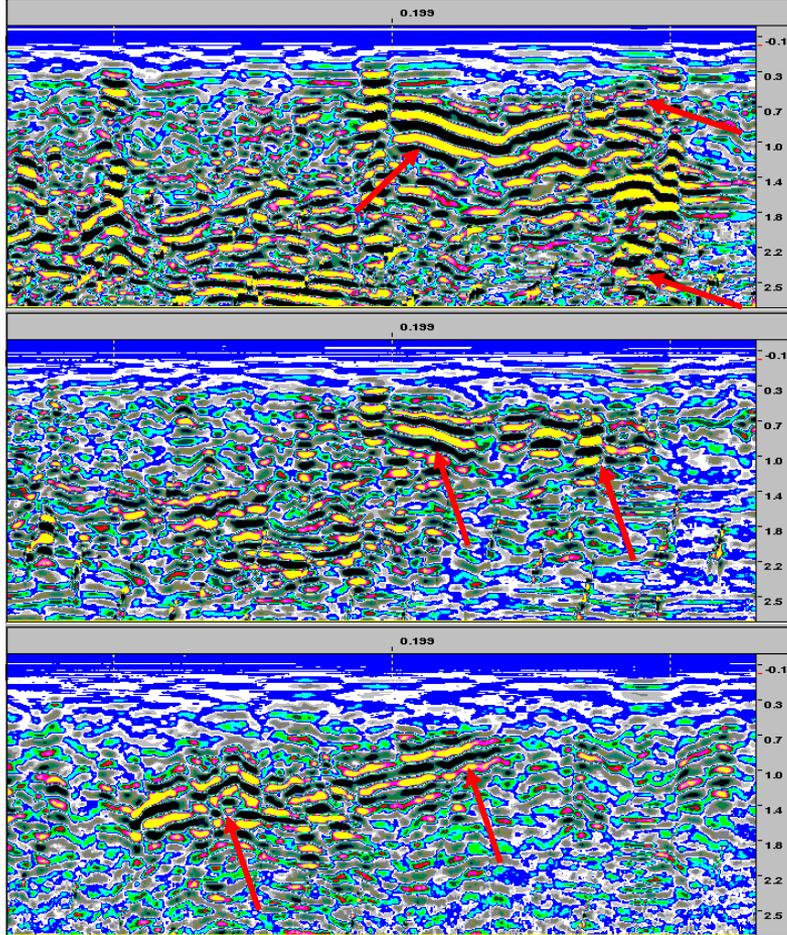


Schichtgrenzen, Schlammloch



# GeoControl

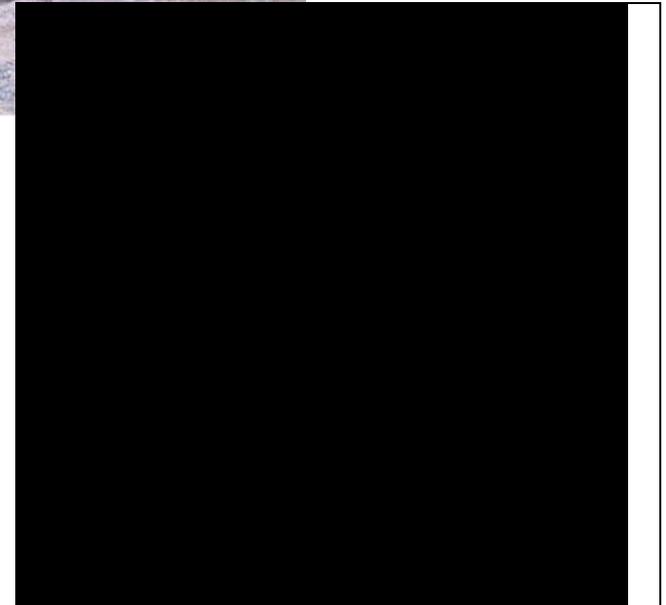
Beispiel einer Straßenmessung zur Hohlräumerkundung



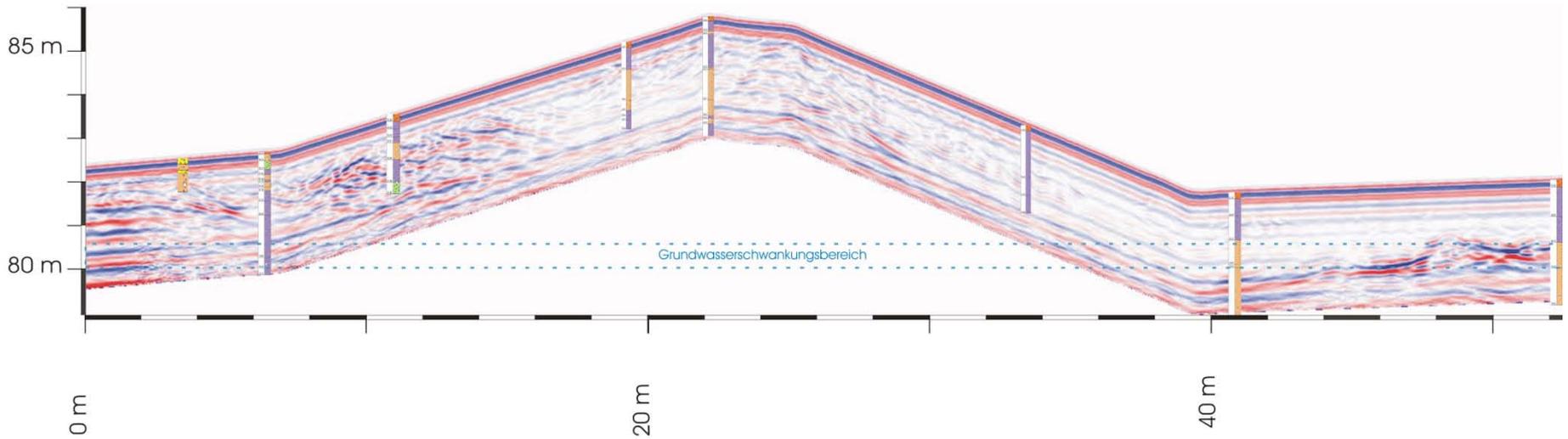
- Verdichtungsprobleme (rote Pfeile)



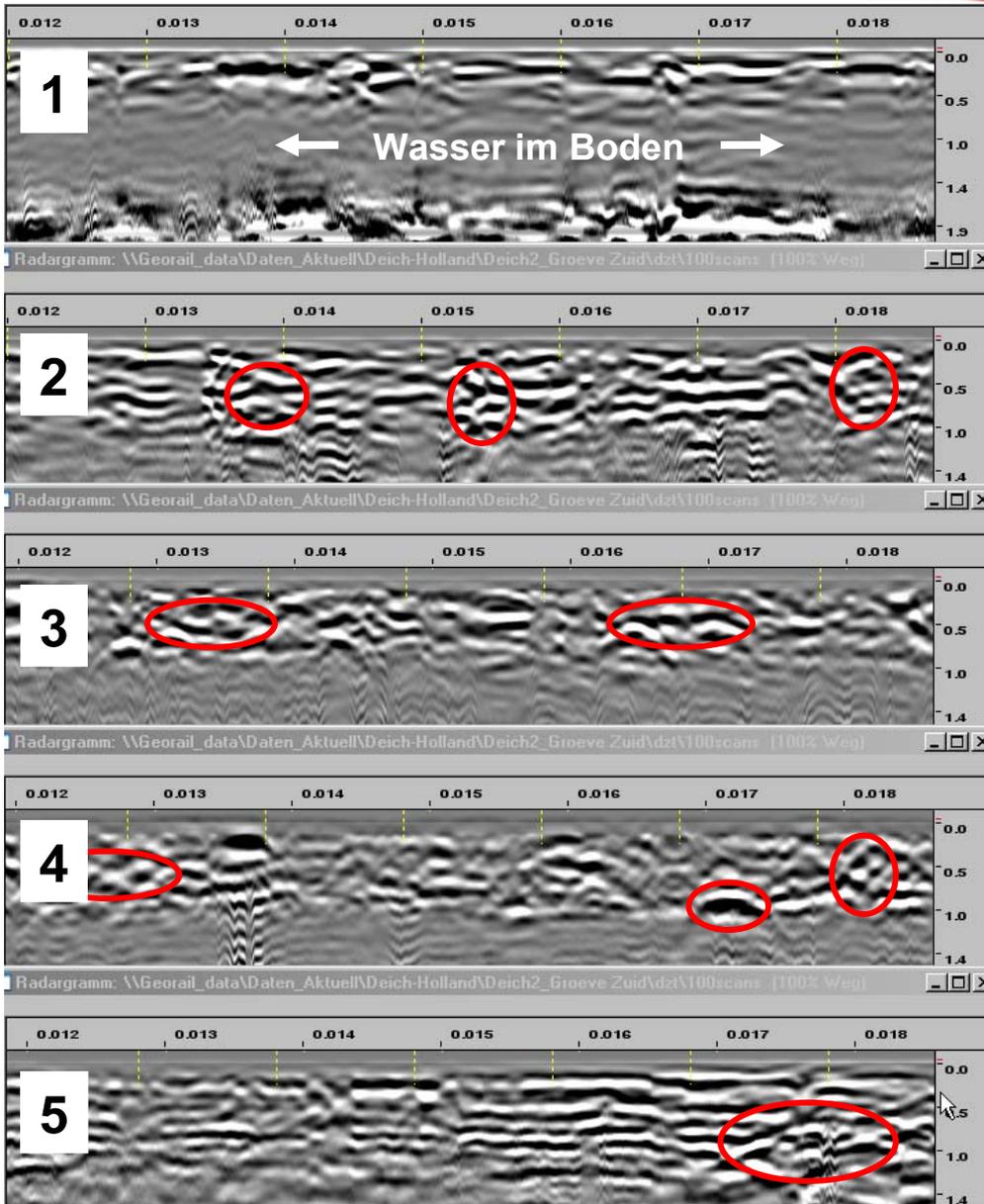
Hohlraum



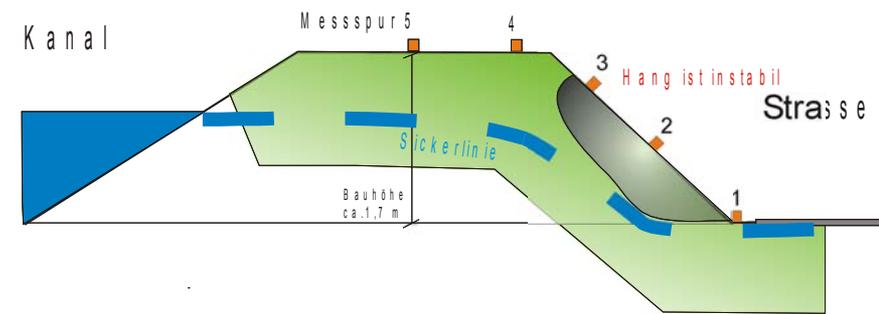
Rammsondierung mit  
Hohlraumssignatur



Beispiel einer Radarsektion durch einen Flussdeich mit eingefügten Kalibrierbohrungen.  
(Aufnahmeausschnitt eines Antennenkanals aus dem Radararray *TerraVision*)



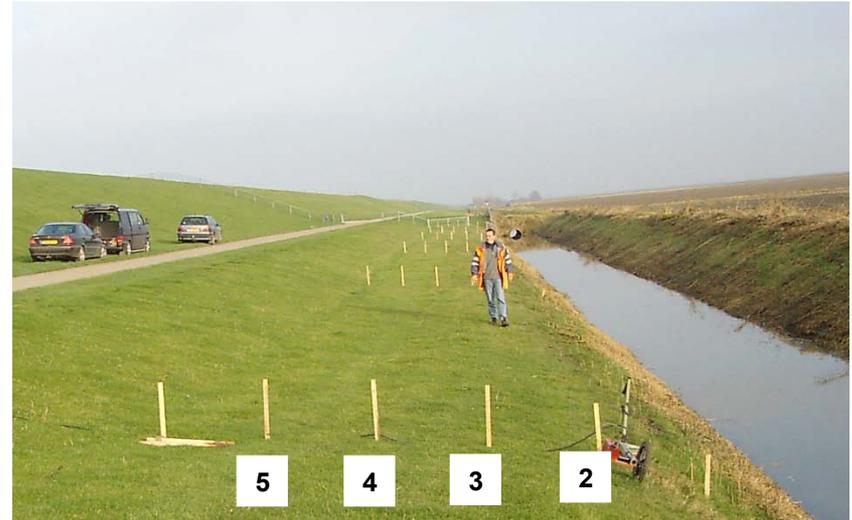
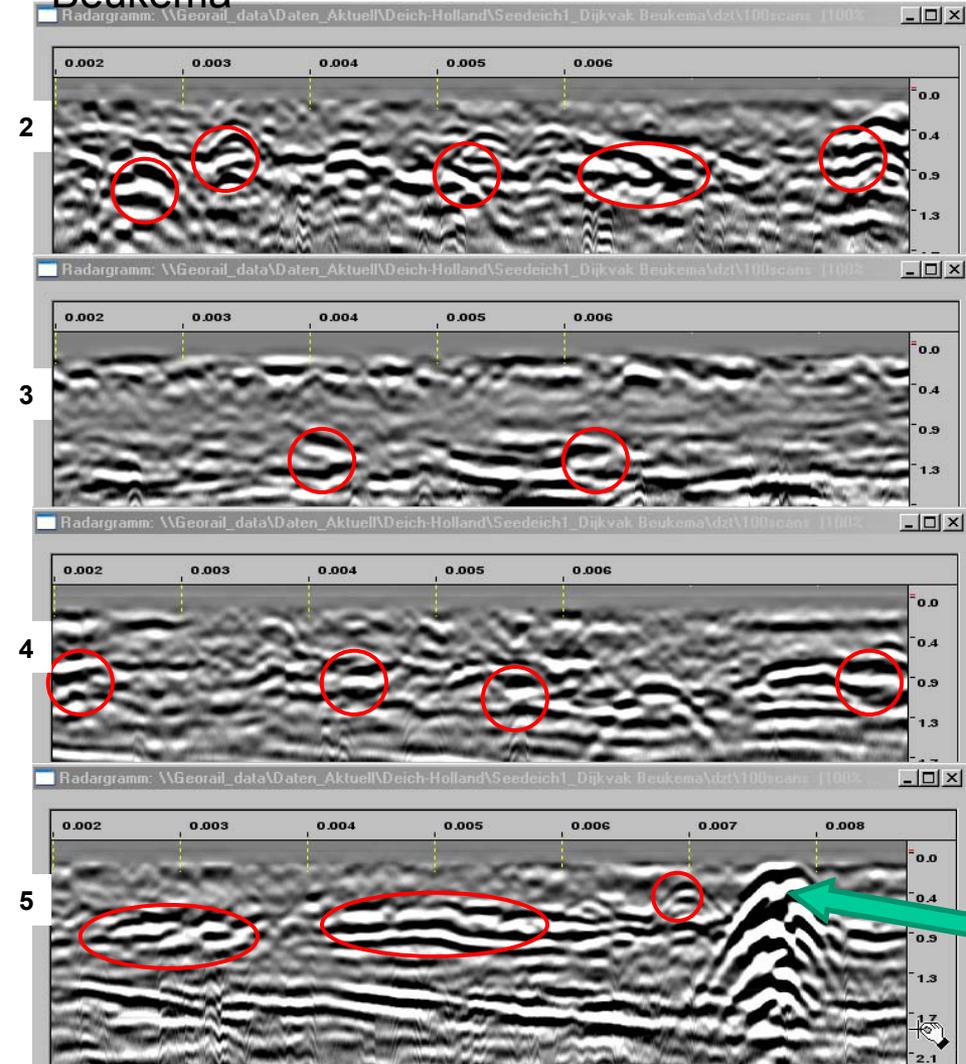
## Groeve Zuid



○ Hohlräume im Boden

# GeoControl

Seedeich, Dijkvak  
Beukema



Messspuren

○ Wühlgänge von Bismraten

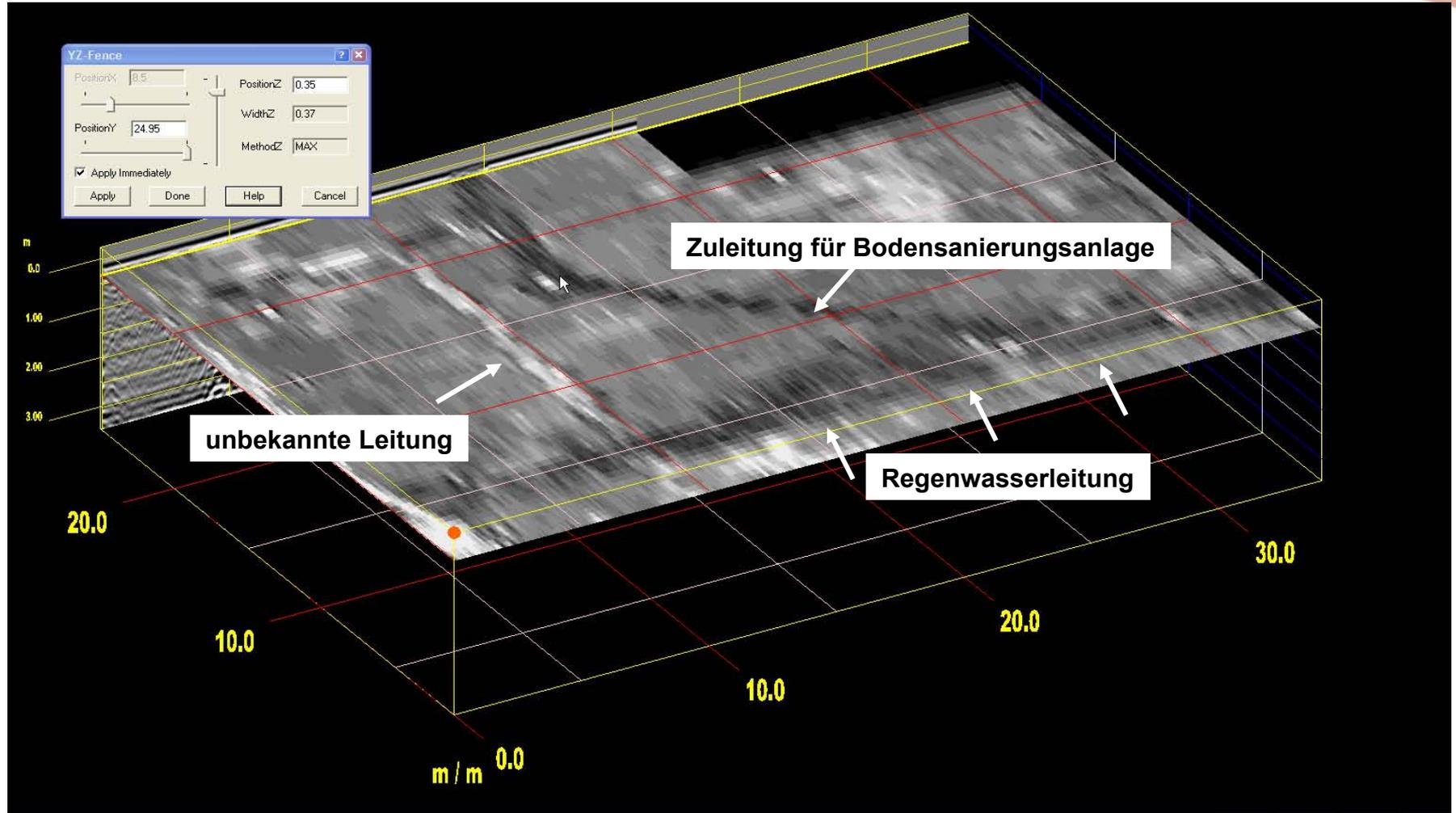
Entwässerungskanal (Betonwanne)



Grüne Linien: DGPS gestützte Messung, zusätzliche Korrekturdaten im Postprozessing liefern Absolutkoordinaten im Dezimeterbereich

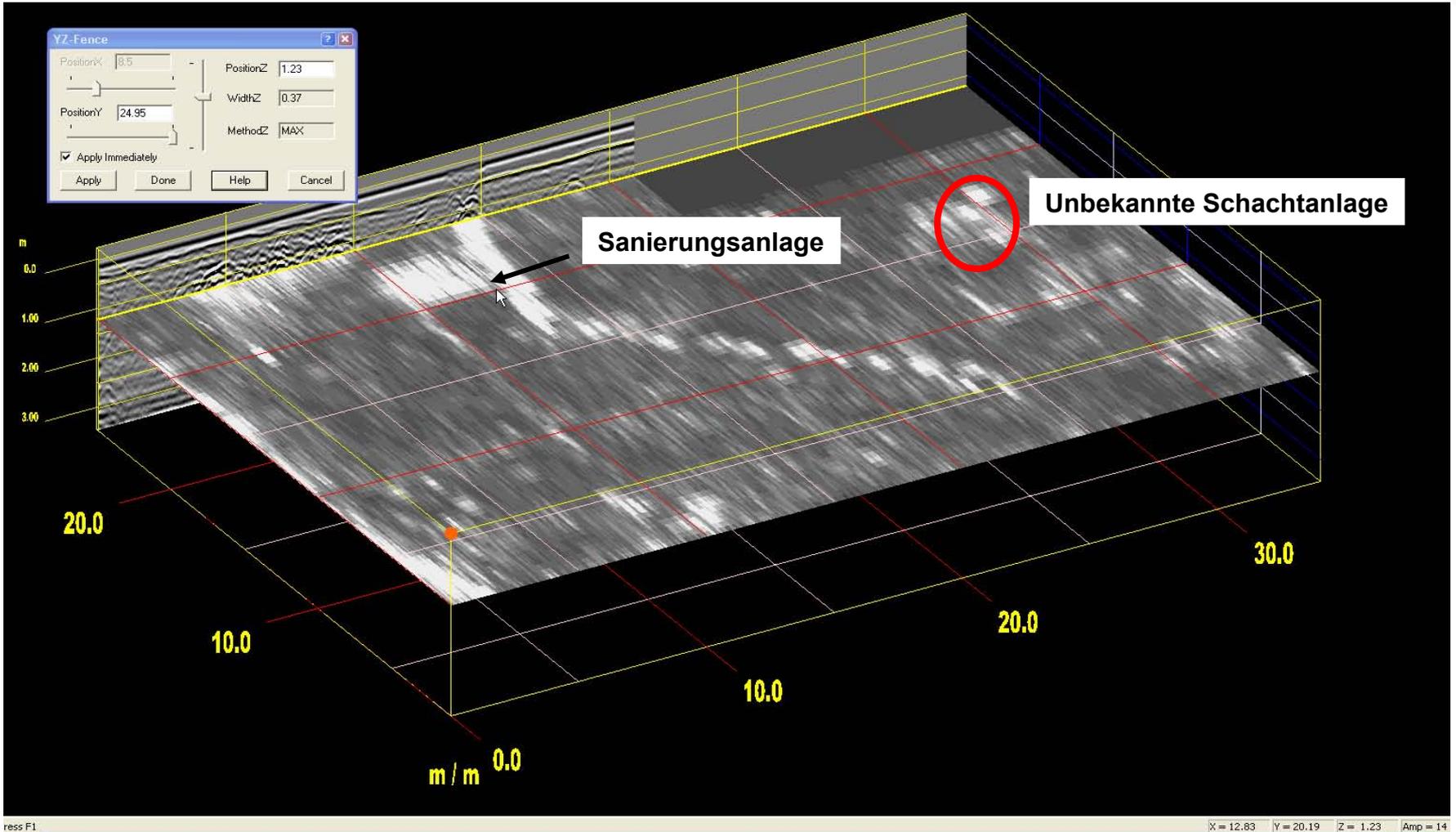
# GeoControl

Beispiel einer 3D-Animation zur Leitungssuche



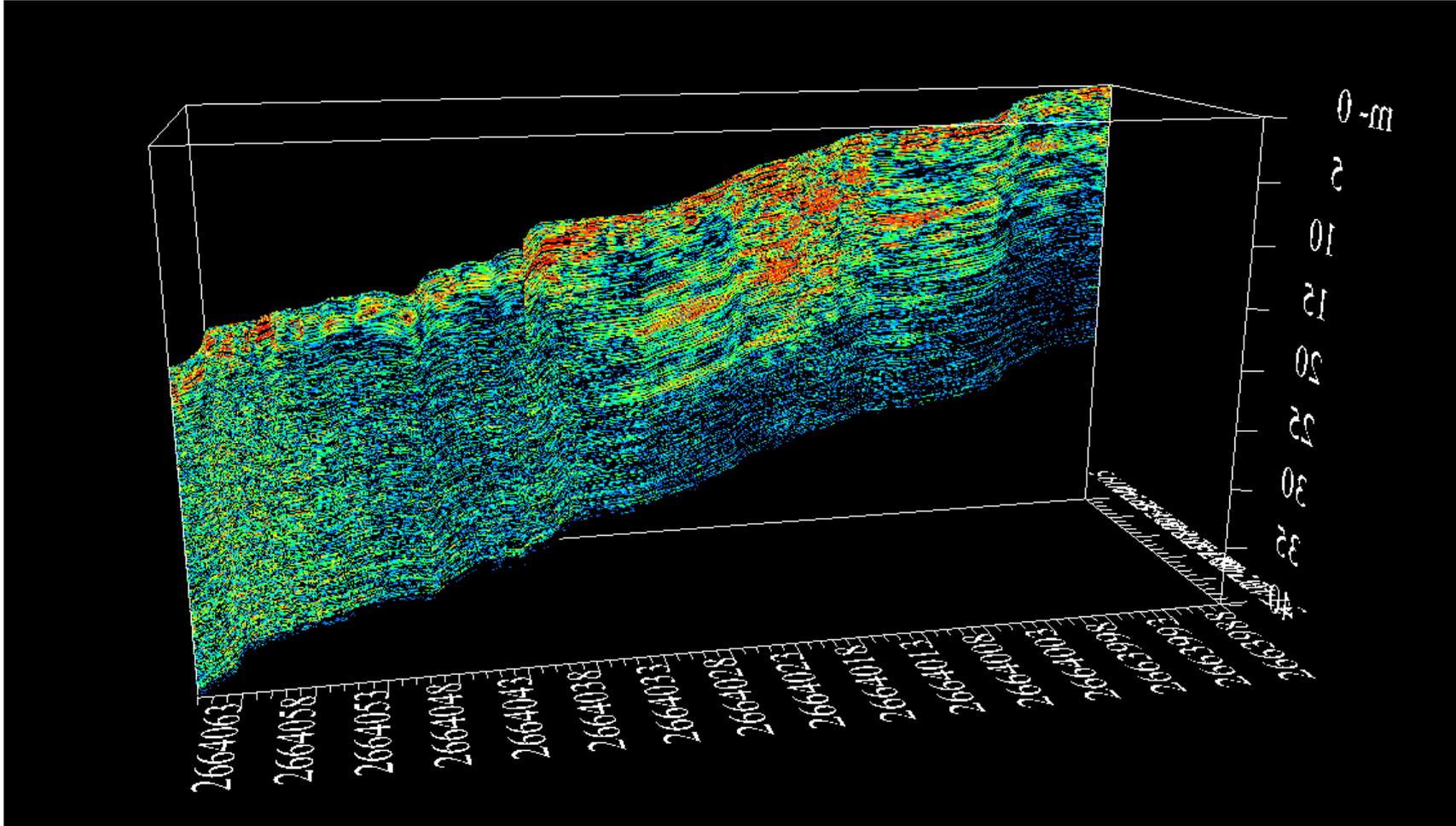
# GeoControl

Beispiel einer 3D-Animation zur Leitungssuche



# GeoControl

Beispiel einer 3D-Animation zur Hohlräume such mit Topographie und GPS-Koordinaten (100 MHz-Antenne auf felsigem Grund)



Partnerschaft in aktuellen F + E Projekten (2005 bis 2007/2008):

*Systematische Evaluierung existierender und innovativer Methoden zur Schadstellenanalyse und Strukturerkundung von Deichen inklusive der Erstellung einer Richtlinie und eines Workshops zur Ergebnisweitergabe*

**BMBF-Förderaktivität  
„Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse“**

*Einsatzmöglichkeiten des Georadars als Verfahren zur Detektion und Bewertung von Lagerungsdefekten und Hohlräumen im Bereich erdverlegter Abwasserkanäle*

gefördert durch das

**Ministerium für Umwelt und Naturschutz und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen**