

# Bohrlochmessungen in Erdwärmesonden - wo liegen die Herausforderungen?

Dr.-Ing. Gunther Baumann  
Assistent der Geschäftsführung  
Bohrlochmessung-Storkow GmbH  
Schützenstraße 33  
D-15859 Storkow

# Gliederung

- Einführung
- offene Bohrung
- Nachweis von Ringraumabdichtungen
- Möglichkeiten im Bereich der Geothermie



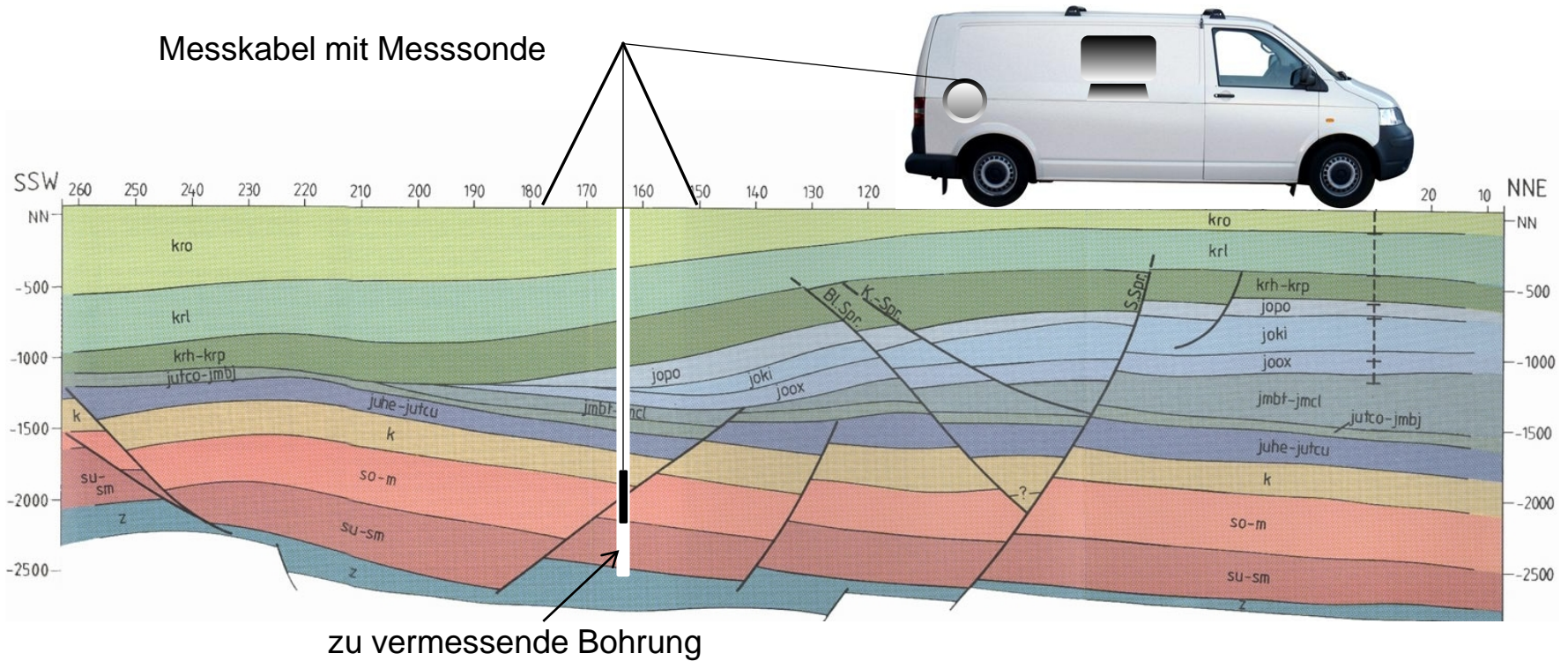
Bohrlochmessung vor dem Reichstag

# Prinzip geophysikalischer Bohrlochmessungen

Winde mit Teufenzähler

allradgetriebener  
Kleintransporter oder LKW  
mit Bohrlochmessapparatur

Messkabel mit Messsonde



# Erdwärmebohrungen - Anforderungen an die Bohrung

- lotrecht
- kaliberhaltig
- zuverlässiges geologisches Schichtenverzeichnis
- standfest

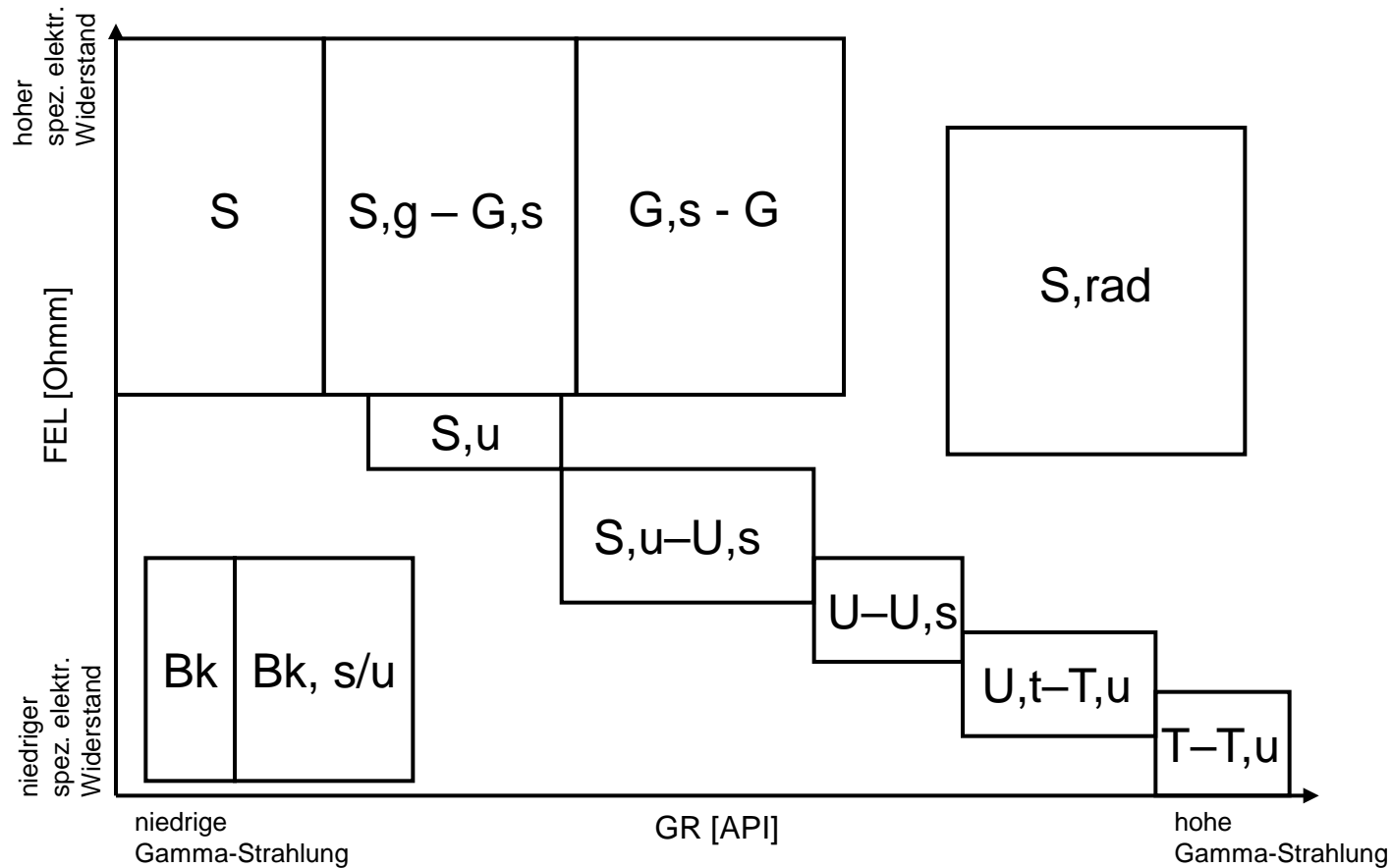


Bau von Erdwärmeanlagen in Berlin und Brandenburg



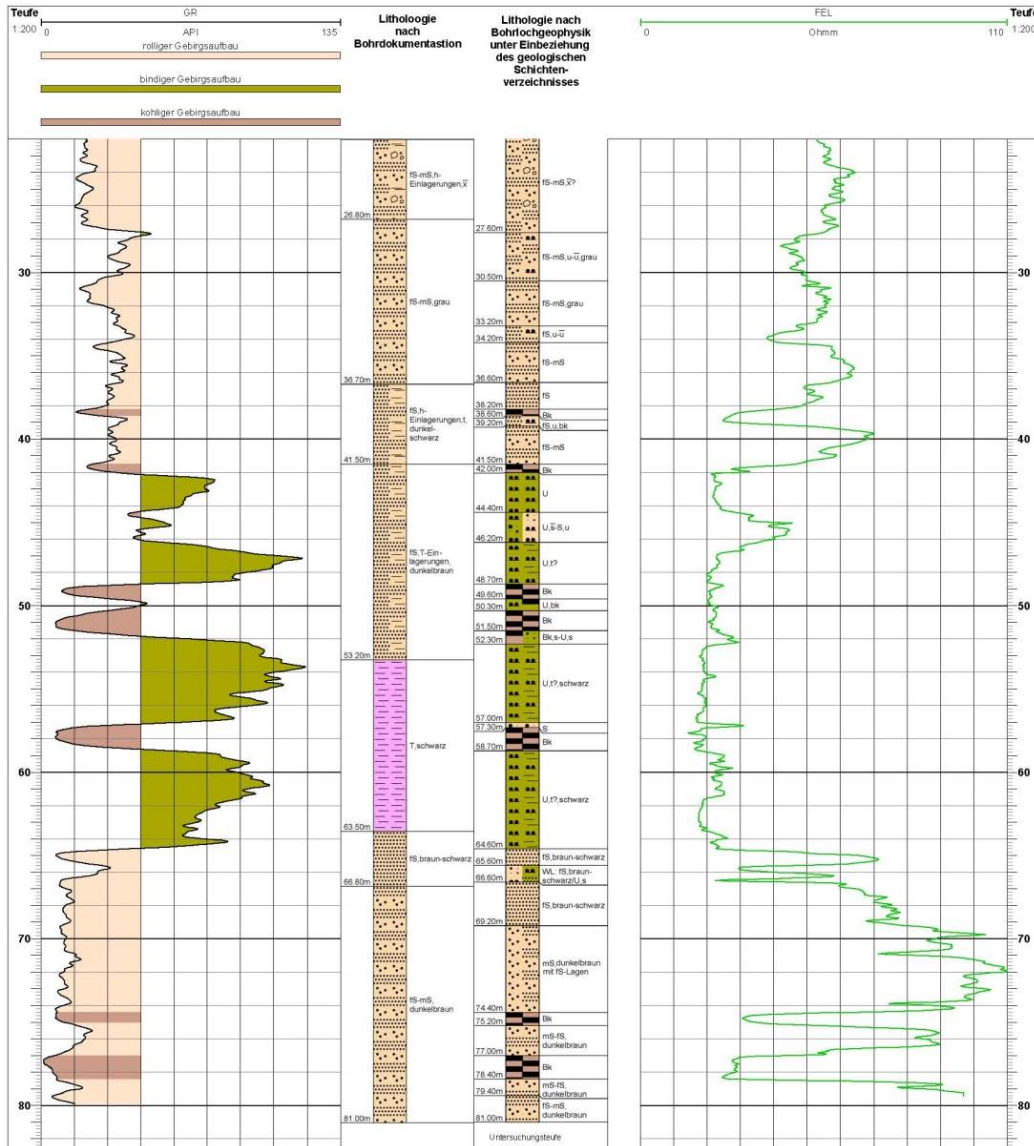
# Vermessung einer offenen Erdwärmebohrung - Verifizierung des Schichtenverzeichnis

(Mindest-)Messprogramm: GR und FEL



**Problem: erhöhte Porenwassermineralisation hat eine Verringerung der Widerstände zur Folge**

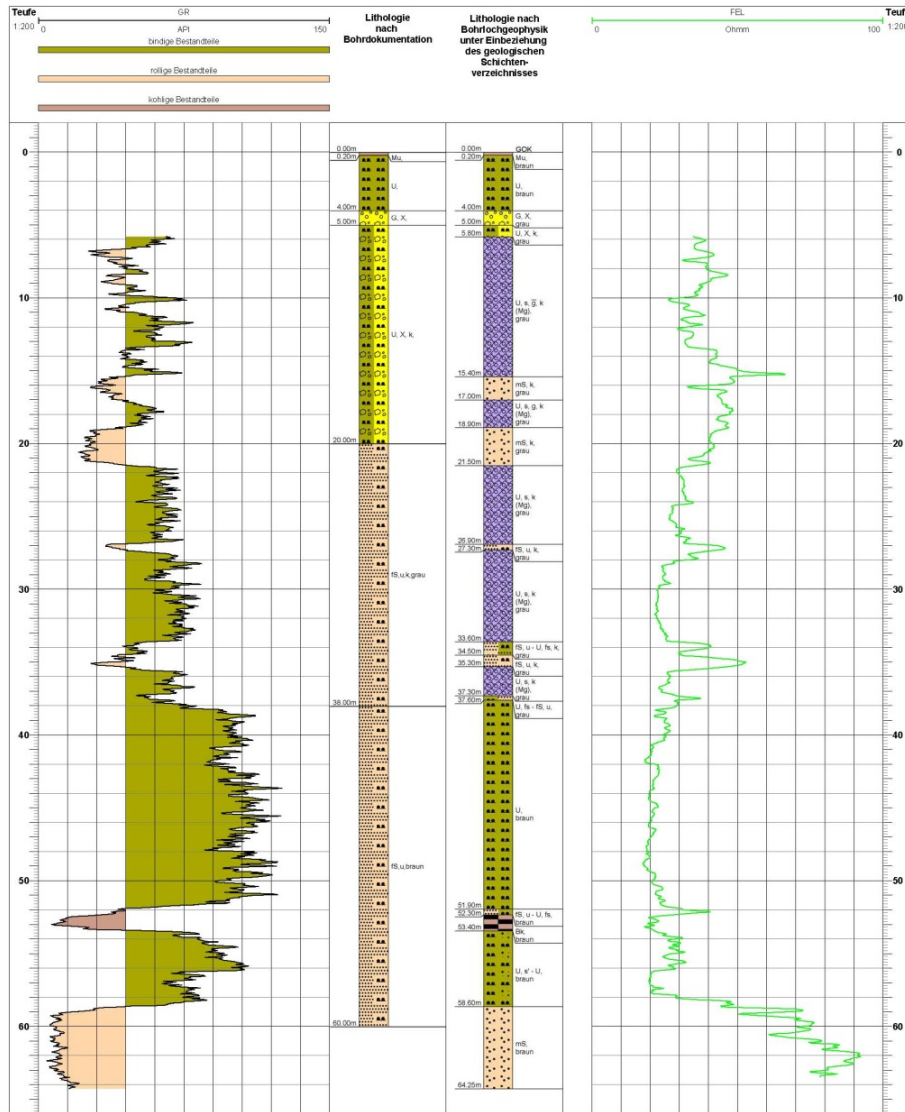
# Verifizierung des Schichtenverzeichnisses



- Bohrmeisterschichtenverzeichnis deutlich zu rollig

Folge:  
- Berechnung der „Wärmeausbeute“ zu hoch

# Verifizierung des Schichtenverzeichnisses



- Bohrmeisterschichtenverzeichnis deutlich zu rollig

Folge:  
- Berechnung der „Wärmeausbeute“ zu hoch



# Vermessung einer offenen Erdwärmebohrung - Verifizierung des Schichtenverzeichnisses

## Mindestmessprogramm

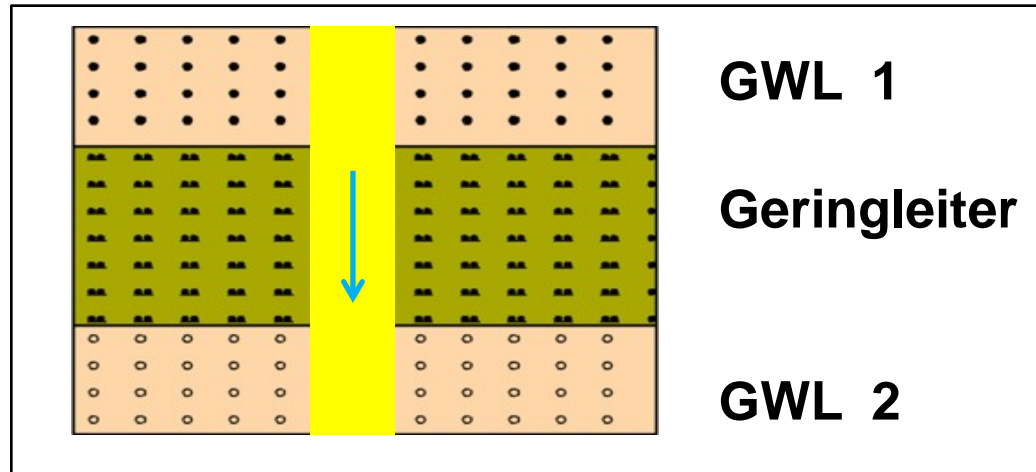
- Gamma-Ray-Log (GR) und Fokussiertes Elektro-Log (FEL)

## weitere Messverfahren

- genauere lithologische Gliederung (GG.D, NN)
- Bestimmung technischer Parameter der Bohrung (CAL, BA)

# Folge fehlender oder unzureichender Ringraumabdichtung

- Die natürliche Trennung von Grundwasserleitern ist nicht gegeben!
- In der Bohrung finden vertikale Fließbewegungen statt!



## Annahme:

Mächtigkeit des Geringleiters : 5 m

Druckdifferenz GWL 1 / GWL 2 : 1 m

Bohrdurchmesser : 180 mm

$K_f$  - Wert der Bohrlochverfüllung :  $10^{-1}$  -  $10^{-3}$  m/s (sehr gut durchlässig)

**Fließrate: ~ 0,5 – 50 m<sup>3</sup> Tag bzw. 180 – 18 000 m<sup>3</sup>/Jahr !**

# Geophysikalische Untersuchungen von Erdwärmesonden

## Motivation

- Bohrunternehmer : Nachweis der Qualität der erbrachten Leistung
- Bauherr : Sicherheit für den Betrieb der Sonde  
Schutz vor späteren behördlichen Forderungen  
Sicherung der Verkaufbarkeit der Immobilie
- Behörde : Nachweis der Einhaltung der Auflagen und damit

### Grundvoraussetzung für wasserrechtliche Genehmigung



# Geophysikalische Untersuchungen von Erdwärmesonden

Zitat aus einer wasserrechtlichen Erlaubnis:

„Es sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die den Schutz der Grundwassermessstelle vor Zerstörung und dem Eindringen wassergefährdender Stoffe sicherstellen.

**Auf die Erfordernis der Bauabnahme wird verzichtet.** Nach Errichtung der Anlage sind... folgende Unterlagen vorzulegen...

Schichtenverzeichnisse

Bohrprotokoll

Protokoll über die Druckprüfung

Protokoll über die Verfüllung der Spülbohrungen

**Durch Vorlage der geforderten Unterlagen kann die Wasserbehörde den sachgerechten Ausbau überwachen und entscheiden, ob nachteilige Auswirkungen auf das Grundwasser zu befürchten sind.“**



# Nachweis von Ringraumabdichtungen

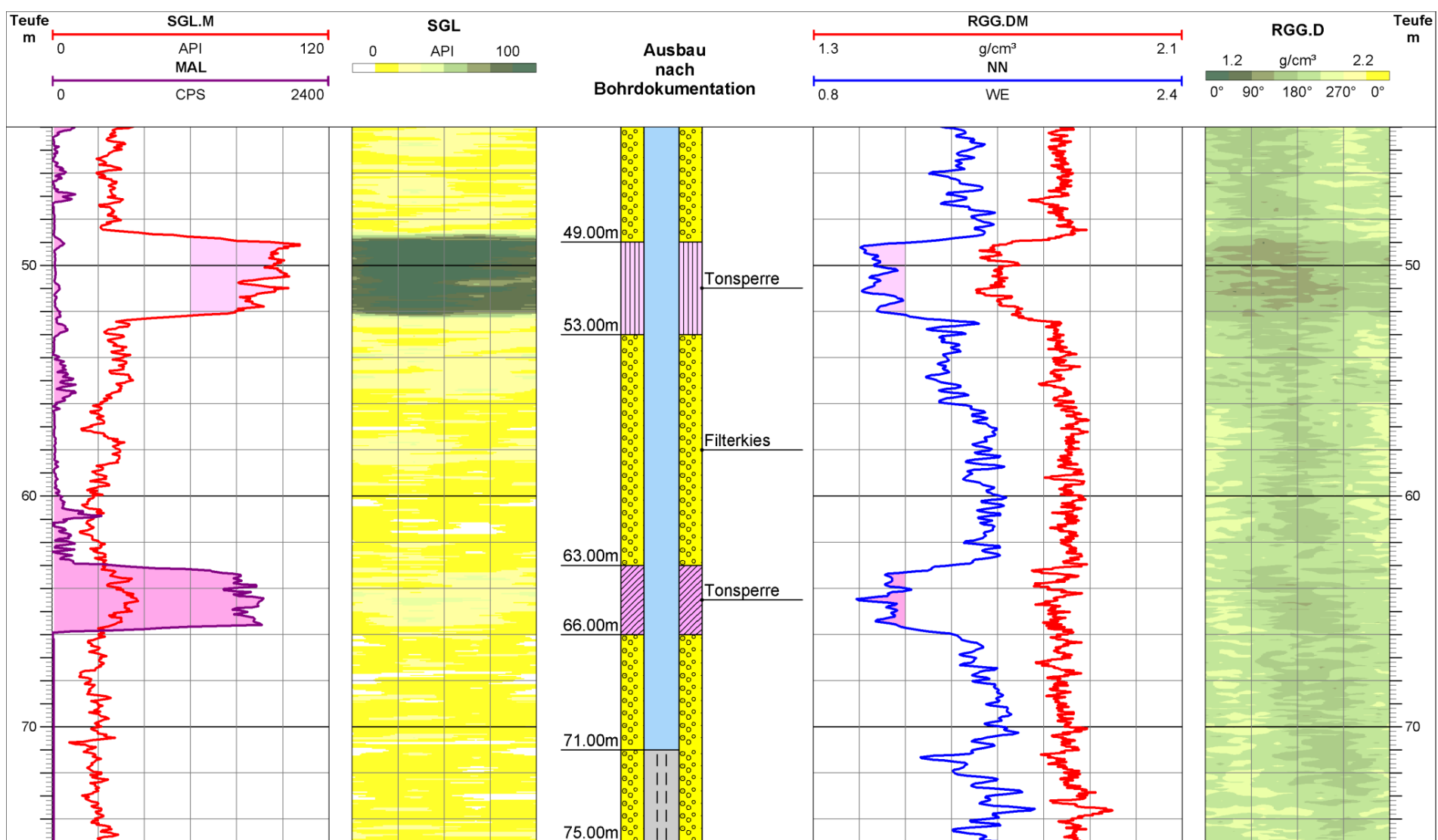
## Grundlegende Aussagen zur Ringraumabdichtung:

(DVGW-Arbeitsblatt W 110 (2005): Geophysikalische Untersuchungen in Bohrlöchern und Brunnen zur Erschließung von Grundwasser):

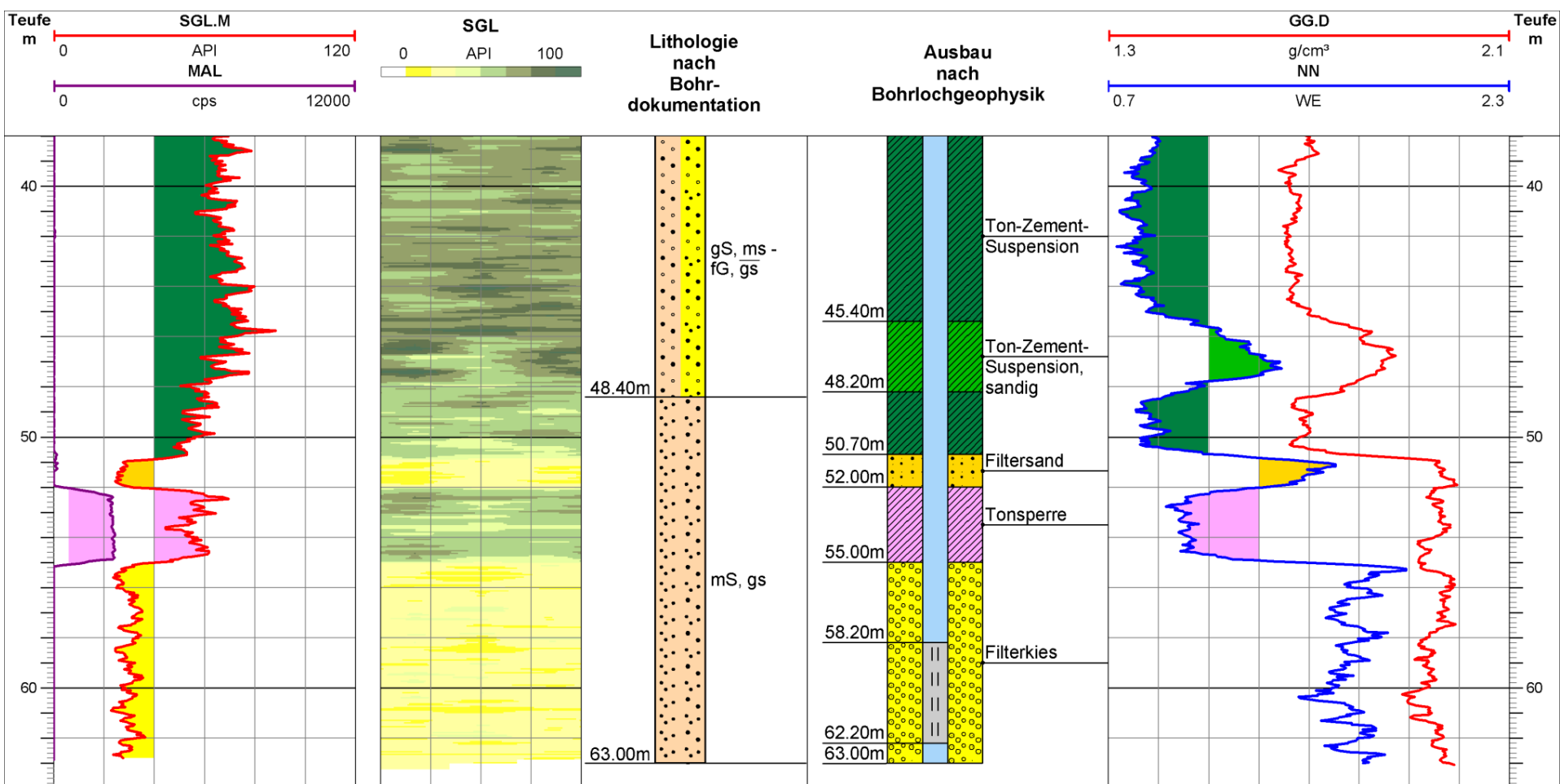
Ton oder Ton-Zement-Suspension	notwendige Messverfahren zum Nachweis	
	eindimensional	dreidimensional
nicht markiert	GR, GG.D, NN	SGL, RGG.D, NN
gammaaktiv markiert	GR, GG.D, (NN)	SGL, RGG.D, (NN)
magnetisch markiert	MAL, GG.D, (NN)	MAL, RGG.D, (NN)

GR            Gamma-Ray-Log  
 NN            Neutron-Neutron-Log  
 GG.D        Gamma-Gamma-Dichte-Log  
 MAL         Suszeptibilitäts-Log  
 SGL         Segmentiertes Gamma-Ray-Log  
 RGG.D      Dichte-Ringraum-Scanner

# Eindeutiger Nachweis von Tonsperren



# Eindeutiger Nachweis von Ton-Zement-Suspension



# Kontrolle der Ringraumabdichtung von Erdwärmesonden – war bisher problematisch

- zu geringer Innendurchmesser (22 mm)
- meist nicht verwindungsfrei eingebaut



Wurde hier entsprechend der Regeln gearbeitet?



# Momentan für die Kontrolle von Erdwärmesonden einsetzbare geophysikalische Verfahren

## Radiometrische Messverfahren

### 1. Gamma-Ray-Log (GR)

- passiv, natürliche Gammastrahlung, stark vom Gebirge und dem Bohrdurchmesser beeinflusst
- ermöglicht im alleinigen Einsatz keine sichere Ansprache der Hinterfüllung
- Gamma-Aktivität der verschiedenen eingesetzten Hinterfüllmaterialien ist nicht bekannt
- Hinterfüllmaterialien hoher Gammaaktivität sind im Moment nicht verfügbar
- keine Informationen zu den Lagerungsverhältnisse (Hohlraumerkennung) ableitbar

### 2. Gamma-Gamma-Dichte-Log (GG)

- aktiv, Einsatz einer radioaktiven Quelle notwendig
- bisher nur eingeschränkt aussagefähig, Hohlraumerkennung möglich, aber keine sicheren Aussagen zur Verfüllungsqualität ableitbar

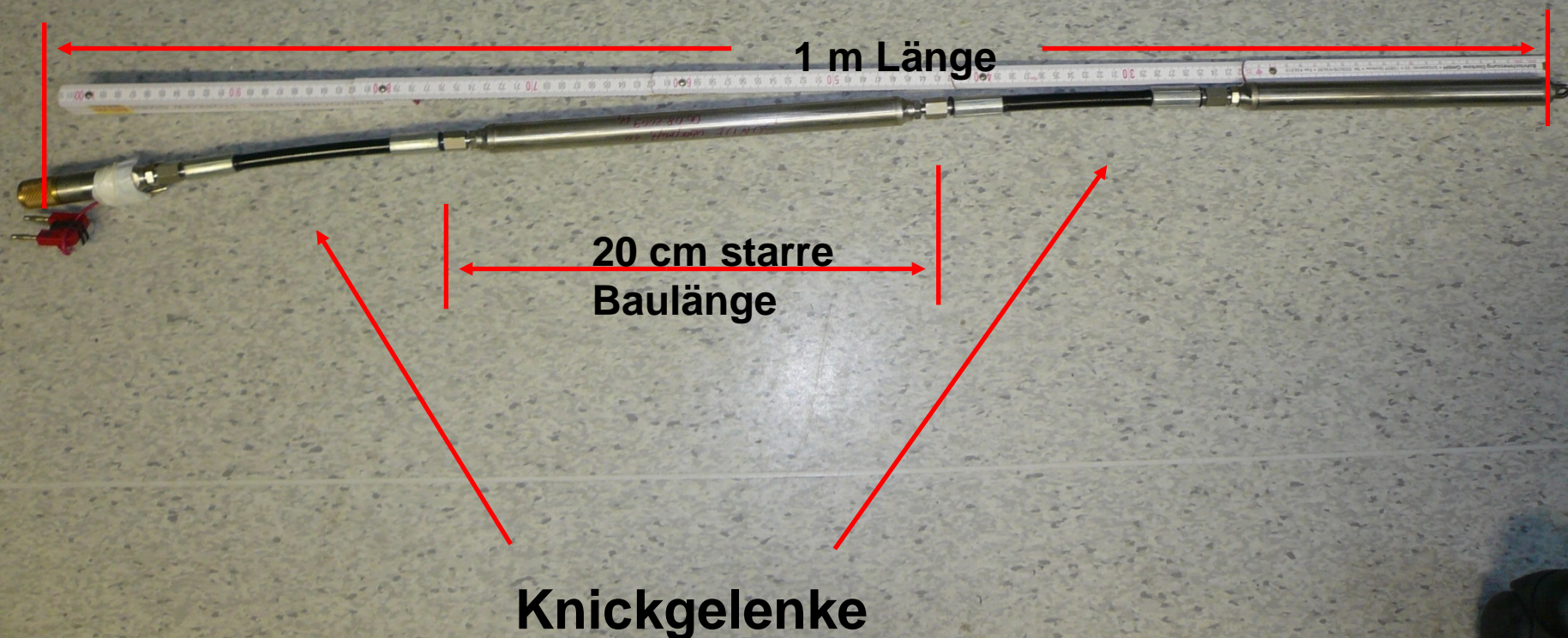
## Elektromagnetisches Messverfahren

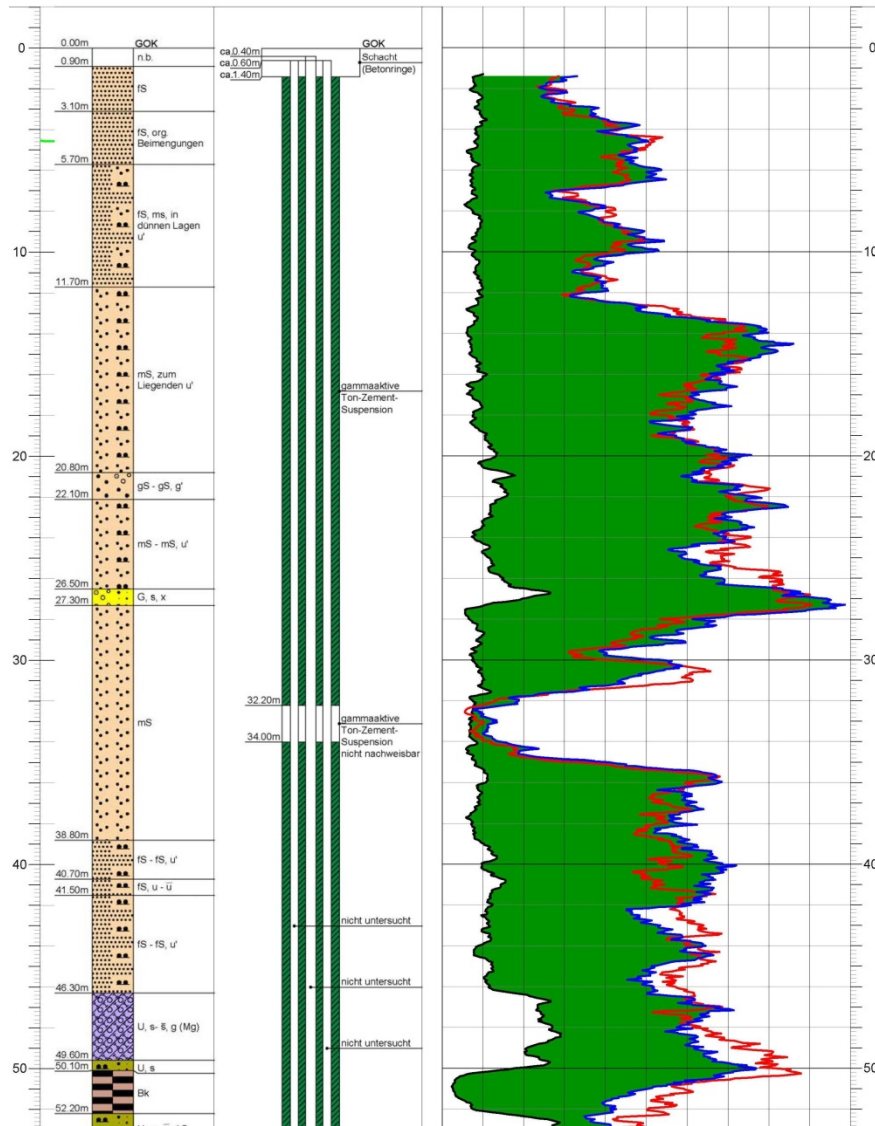
### Magnetik-Log (MAL) bzw. Suszeptibilitäts-Log (SUS)

- ermöglicht den **Nachweis von magnetisch markierten Materialien (bereits im Handel!)**
- nicht markierte Hinterfüllungen werden nicht erkannt, keine Hohlraumerkennung möglich

# „Miniatur- Gammasonde“ für die Untersuchung von Erdwärmesonden

Außendurchmesser 22 mm





## Gamma-Ray-Log (GR)

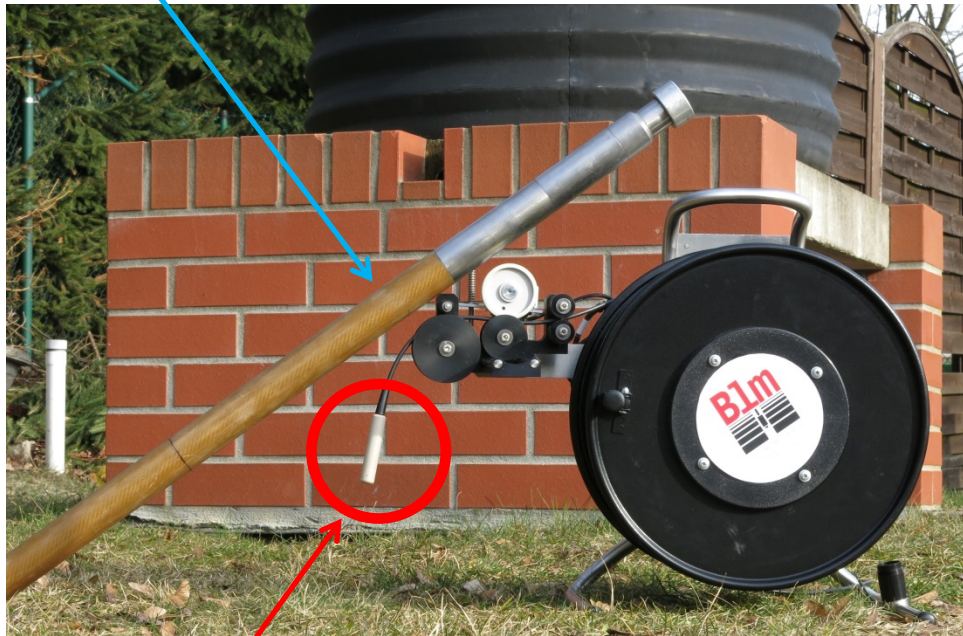
### Nachweis einer hoch gammaaktiven Ringraumabdichtung (Versuchsbohrung)

Aus: Erste Erfahrungen bei der bohrloch-geophysikalischen Überprüfung von Erdwärmesonden (Baumann, bbr 05/2010)

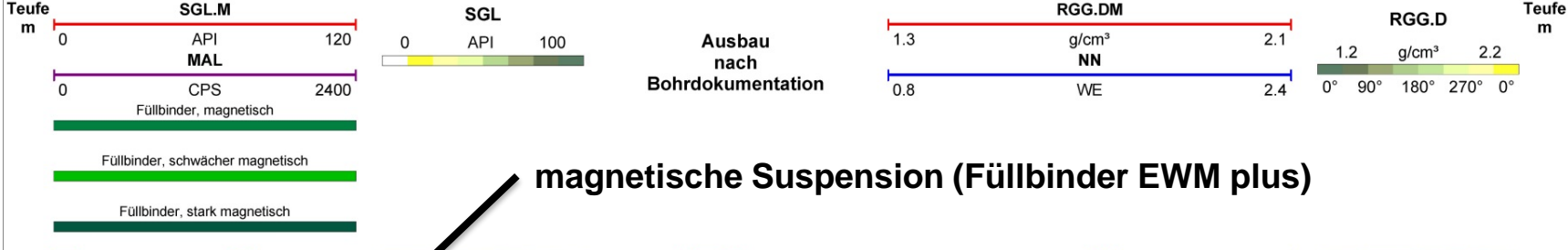
# Ringraumkontrollen bei Erdwärmesonden

## Größenvergleich Messtechnik

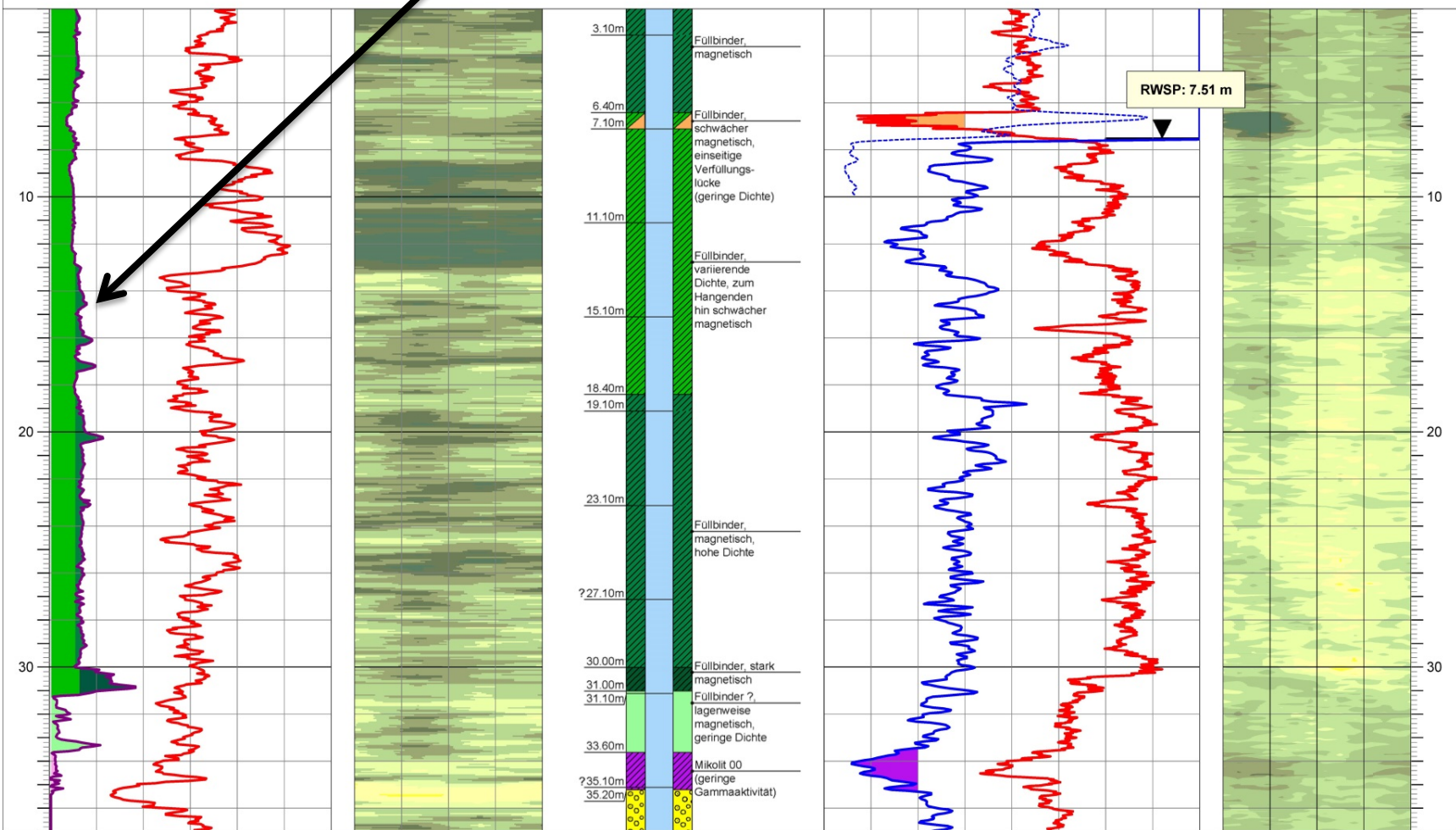
Typische Magnet-Log Sonde für den Einsatz in Brunnen und Grundwassermessstellen (45 x 1020 mm)



Magnet-Log Sonde für den Einsatz in Erdwärmesonden (16 x 78 mm)



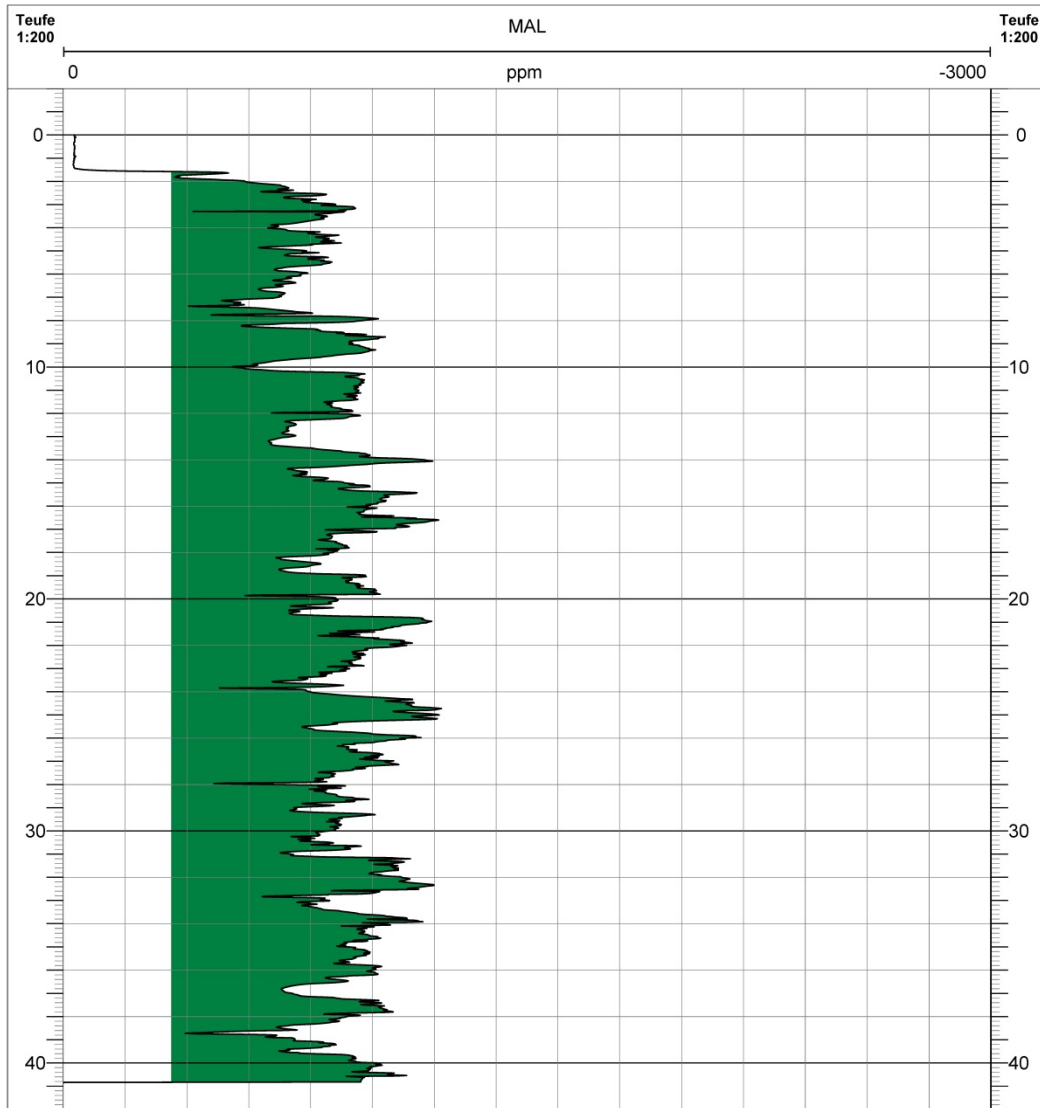
### magnetische Suspension (Füllbinder EWM plus)



Grundwassermessstelle mit magnetischer Suspension abgedichtet



# Magnetik - Log im Praxistest

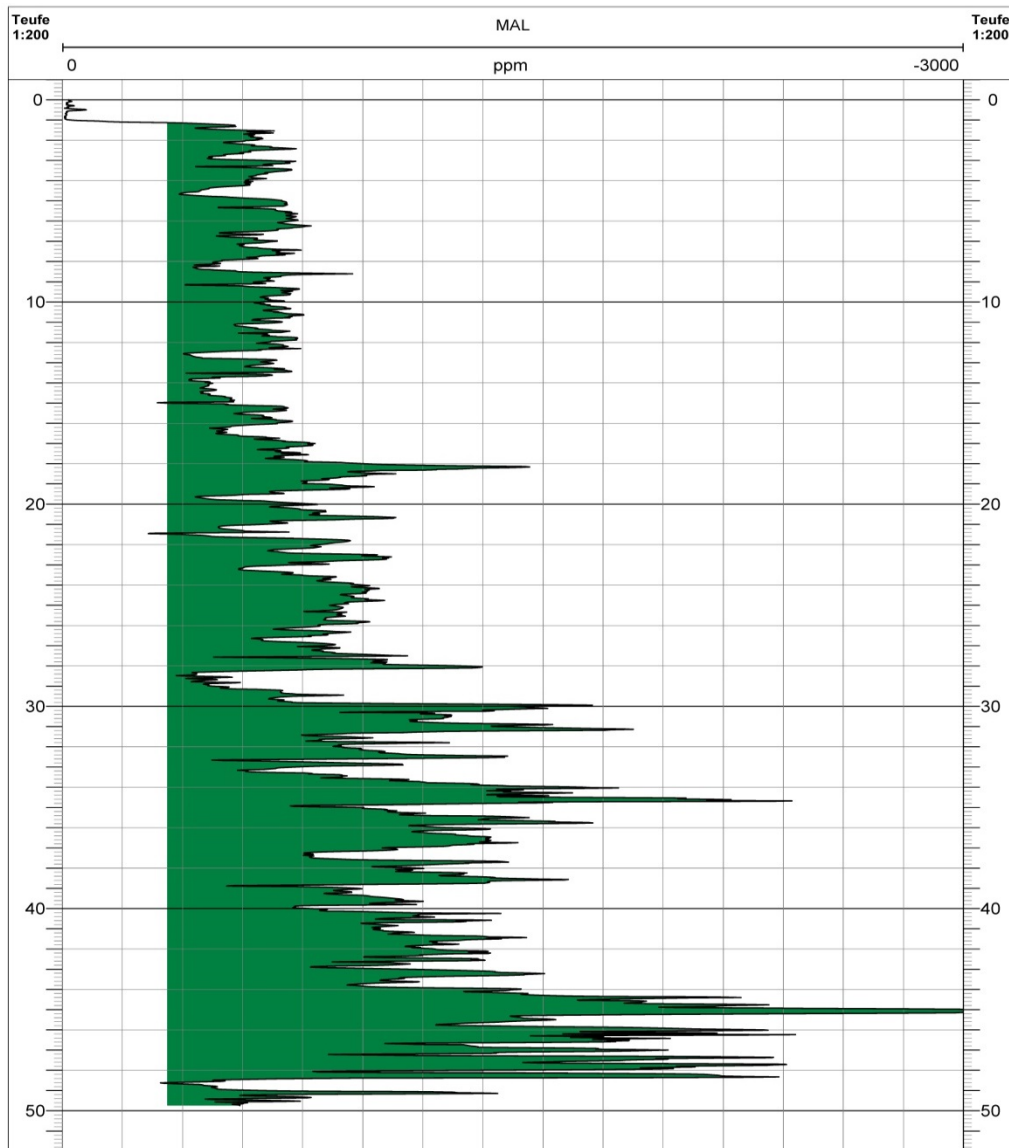


## Magnetik-Log (MAL)

Nachweis von Füllbinder EWM plus

Messwert bildet schwankenden Magnetit-Gehalt und variable Bohrlochgeometrie ab

# Magnetik - Log im Praxistest



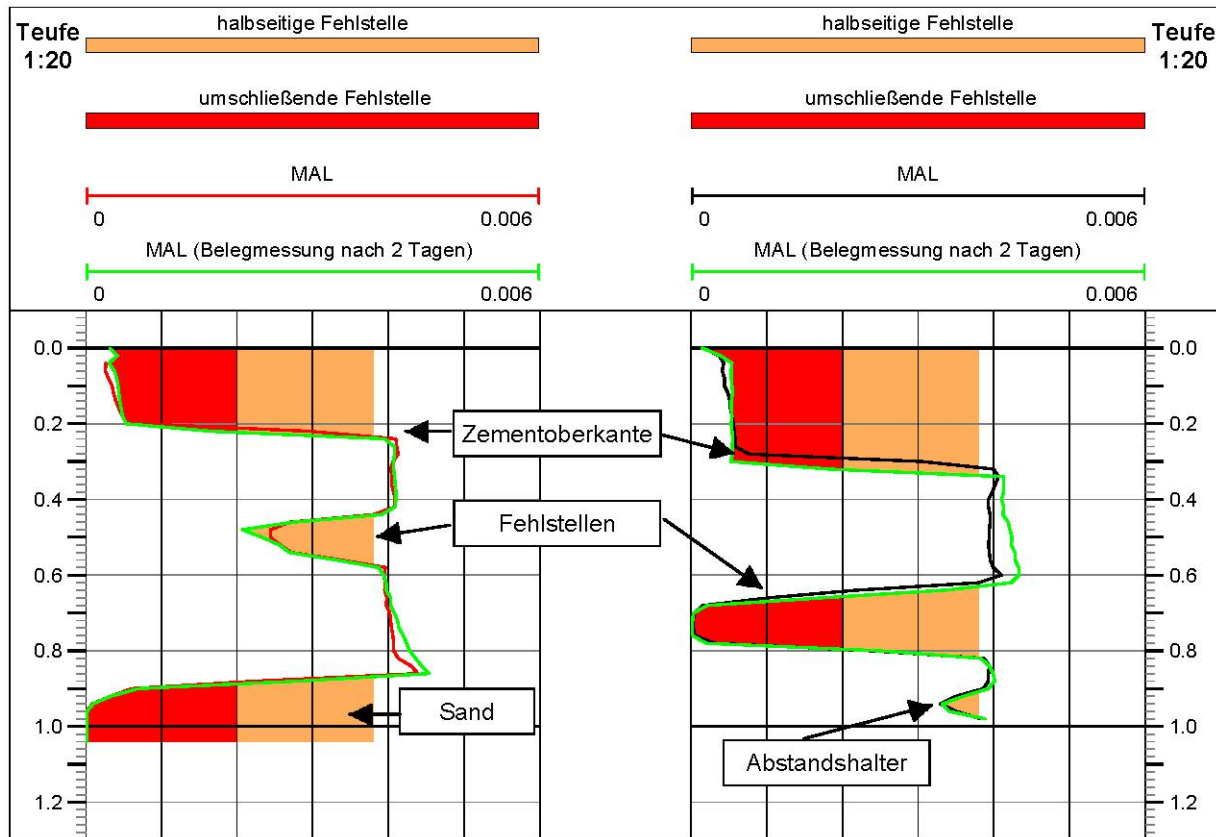
## Magnetik-Log (MAL)

Nachweis von Füllbinder EWM plus

Messwert bildet schwankenden Magnetit-Gehalt und variable Bohrlochgeometrie ab

# Magnetik - Log

## magnetisch markierte Verfüllung im Labortest





# Voraussetzungen für eine Ringraumkontrolle in Erdwärmesonden

## 1. Definition der Befahrbarkeit

- Festlegung für minimalen Innendurchmesser und zulässige Biegeradien
- Definition eines Probekörpers, mit dem die Sonde befahrbar sein **muss**
- Zugang zur Befahrung der Erdwärmesonde sicherstellen

Prüfkriterium: **Lotung der Endtiefe** mittels standardisiertem Probekörper

## 2. Produktspezifische Definition der petrophysikalischen Eigenschaften der Verfüllmaterialien

- Dichte nach Einbau
- Gamma-Ray – Aktivität
- Magnetische Suszeptibilität
- Festigkeitsangaben (evtl. Angabe von Schallgeschwindigkeiten)

## 3. Festlegung der Konsequenzen bei nicht fachgerechtem Ausbau der Erdwärmesonden

**Bundeseinheitliches Regelwerk notwendig!**

# Zusammenfassung

- **Die Bestimmung der geologischen Schichtenfolge ist in Erdwärmebohrungen mit konventioneller Bohrlochmessung Stand der Technik.**
- **Durch die Kombination von verschiedenen Bohrlochmessverfahren kann das Vorhandensein von Ringraumabdichtungen in Brunnen und Messstellen zweifelsfrei nachgewiesen werden.**
- **Als Hinterfüllmaterialien von Erdwärmesonden sind momentan nur markierte Baustoffe nachweisbar.**
- **Die weitere Entwicklung von geeigneten Verfahrenskombinationen analog zu Brunnen und Messstellen sollte die zukünftige Aufgabe aller beteiligten Fachleute sein, um einen zweifelsfreien Nachweis der Ringraumabdichtung in Erdwärmebohrungen erbringen zu können.**

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**



**Bohrlochmessung – Storkow GmbH**

**Dr. Gunther Baumann 16. September 2015, Idstein**  
**Bohrlochmessungen in Erdwärmesonden – wo liegen  
die Herausforderungen?**