

Detailerkundung zur Grundwasserströmung im Randgebiet eines ehemaligen Tagebaus

Projektbeschreibung

Zur Planung der Sanierung zweier lokaler Grundwasserkontaminationen im Bereich der ehemaligen Randzone eines verfüllten Tagebaus wurden mehrere Grundwassermessstellen für die Erstellung eines Grundwasserströmungsmodells errichtet. Die gemessenen Grundwasserstände ergaben jedoch teilweise kein schlüssiges hydraulisches Gesamtbild, sodass die Modellergebnisse insbesondere in kritischen Bereichen nicht ausreichend belastbar waren.

Zur Überprüfung und Absicherung des bestehenden Fließmodells wurden daher in ausgewählten Bereichen In-situ-Fließmessungen durchgeführt. Mit den direkt gemessenen Fließdaten sollten bestehende Modellannahmen überprüft und eine belastbare Datengrundlage für die Sanierungsplanung geschaffen werden.

Hydrogeologisches Umfeld

Heterogener Porengrundwasserleiter mit Verzahnung von anstehenden Sedimenten (Sand-Schluff) und Tagebau-Verfüllmaterial

Einsatzzweck

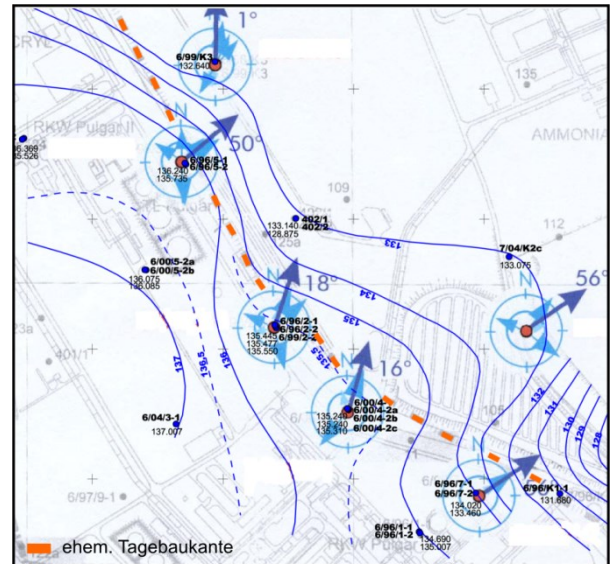
- Detailerkundung zur Sanierungsplanung
- Überprüfung und Verfeinerung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
- Erkundung der tiefenabhängigen Fließverteilung in kritischen Bereichen
- Bereitstellung direkt gemessener Fließdaten zur Absicherung der Sanierungsplanung

Untersuchungsergebnisse

Die In-situ-Fließmessungen bestätigten die übergeordnete Fließsituation des bestehenden Grundwasserströmungsmodells weitgehend. Darüber hinaus zeigten die tiefenaufgelösten Messungen deutliche Unterschiede der Fließbewegungen innerhalb des erschlossenen Aquiferprofils. Diese konnten auf die Verzahnung unterschiedlich aufgebauter Sedimentkörper und des heterogenen Tagebau-Verfüllmaterials zurückgeführt werden. Die ergänzenden Fließdaten ermöglichten damit eine differenziertere Beschreibung der lokalen Grundwasserströmung in den für die Sanierungsplanung kritischen Bereichen. Auf dieser Grundlage konnte die Sanierung mit höherer Planungssicherheit ausgelegt werden. Gleichzeitig konnte der Bedarf an zusätzlichen Grundwassermessstellen und weiteren hydraulischen Untersuchungen reduziert werden.

Kundennutzen

- Verbesserung der Planungssicherheit für die Grundwassersanierung
- Bestätigung und Verfeinerung bestehender Modelle
- Nachweis einer tiefenabhängigen Fließverteilung im heterogenen Aquifer
- Vertieftes Verständnis des komplexen Aquifersystems



- Bereitstellung direkt gemessener Fließdaten für Grundwasserfließmodelle
- Reduzierung der Untersuchungskosten durch Einsparung von zusätzlichen Messstellen und hydraulischen Untersuchungen
- Nachweis von Brunnenausbau und -zustand

Kunde

Chemische Industrie

Hydrogeologische Herausforderung

Im Bereich der ehemaligen Tagebaukante verzahnen sich heterogenes Verfüllmaterial und natürlich anstehende Sedimentkörper. Dadurch entstehen kleinräumig komplexe hydraulische Verhältnisse, sodass die gemessenen Grundwasserstände kein durchgehend konsistentes Potenzial- und Fließbild ergeben. Die Ableitung lokaler Fließrichtungen allein aus Grundwasserständen war daher mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Die direkten In-situ-Fließmessungen ermöglichten es, diese Informationslücke in den für die Sanierungsplanung kritischen Bereichen zu schließen.

Leistungen

- Brunnenkamerabefahrungen
- Horizontale in-situ Fließmessungen
- Datenauswertung, Situationsanalyse und Projektdokumentation

Einsatzumfang

- 6 Messstellen DN125/5"
- Einsatztiefen: 10m-30m

Einsatzort

Sachsen

041P061

Fließerkundung in einem durch eine Tiefbohrung erschlossenen Stollen in 200 m Tiefe

Projektbeschreibung

Zwei Bergwerke sind über einen etwa 3 m hohen und 3 m breiten Verbindungsstollen in rund 200 m Tiefe miteinander verbunden. Dadurch besteht die Gefahr einer Verlagerung von Kontaminanten über das Stollenwasser von einem Bergwerk in das andere. Zur Ermittlung von Fließrichtung und -geschwindigkeit im Verbindungsstollen wurde eine mehr als 200 m tiefe Bohrung bis in den Stollen abgeteuft. Im dem durch die Bohrung erschlossenen Stollen wurden horizontale In-situ-Fließmessungen in mehreren Höhenpositionen durchgeführt. Die Messungen sollten eine Datengrundlage zur Bewertung eines möglichen Kontaminationstransports zwischen den Bergwerken liefern.

Hydrogeologisches Umfeld

Frei durchströmter Verbindungsstollen im Festgestein

Einsatzzweck

- Ermittlung von Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit im Verbindungsstollen
- Tiefen- bzw. höhenaufgelöste Erfassung der Strömung über den Stollenquerschnitt
- Datengrundlage zur Bewertung eines möglichen Kontaminationstransports zwischen den Bergwerken
- Bereitstellung direkt gemessener Fließdaten für Modellierung und Simulation

Untersuchungsergebnisse

Die horizontalen In-situ-Fließmessungen wurden in mehreren Höhenpositionen über den durch die Bohrung erschlossenen Stollenquerschnitt durchgeführt. Dabei wurden Fließgeschwindigkeiten zwischen etwa 0,1 und 4 mm/s gemessen. Aufgrund der insgesamt geringen Strömungsdynamik und der hydraulischen Freiheitsgrade innerhalb des frei durchströmten Stollens zeigte sich während der jeweiligen Messdauer von ein bis zwei Stunden ein zeitlich variables, instationäres Fließbild. Die Langzeitbeobachtung ermöglichte es durch die zeitliche Bilanzierung der gemessenen Fließvektoren trotz zeitlich wechselnder Einzelbewegungen eine belastbare resultierende Fließrichtung und -dynamik zu bestimmen. Die ermittelten Fließrichtungen und -geschwindigkeiten wurden anschlie-

ßend im Rahmen einer unabhängigen Modellstudie und numerischer Simulationen auf Plausibilität geprüft und bestätigt.

Kundennutzen

- Direkter Nachweis von Fließrichtung und -geschwindigkeit im Verbindungsstollen
- Höhenaufgelöste Charakterisierung der Strömung über den Stollenquerschnitt
- Erfassung zeitvariabler Fließbewegungen über Messzeiträume von ein bis zwei Stunden
- Datengrundlage zur Bewertung eines möglichen Kontaminationstransports zwischen den Bergwerken
- Bereitstellung direkt gemessener Fließdaten für Modellstudien und Simulationen
- Unabhängige Bestätigung der Messergebnisse durch Modellierung
- Ergänzende optische Erkundung (Kamerabefahrung)

Kunde

Städtisches Umweltamt

Leistungen

- Kamerabefahrung
- Horizontale in-situ Fließmessungen
- Datenauswertung, Interpretation, Projektdokumentation

Einsatzumfang

- 1 Messstelle / 6 Zoll
- Einsattztiefe: 206m

Einsatzort

Niedersachsen

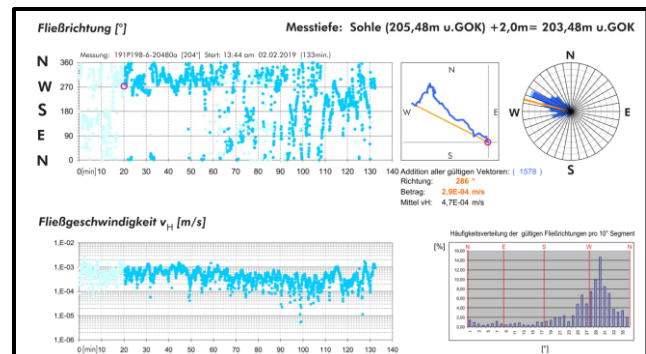
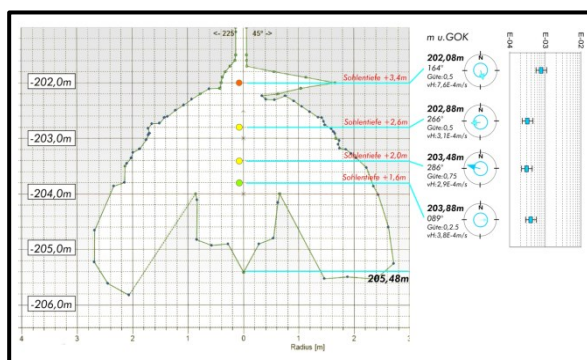
Einsatzzeitraum

3Tage

Besondere Anforderungen

- Einbau des Messequipments bis in über 200m Tiefe
- Aussenwasserdruck >15bar

191P198



Fließerkundung im Randgebiet eines ehemaligen Tagebaus zur Sanierungsplanung

Projektbeschreibung

Ein Teilbereich eines verfüllten ehemaligen Tagebaus wurde als Teerschlammdéponie genutzt, aus der erhebliche Schadstofffrachten in den umgebenden Porengrundwasserleiter eingetragen werden. Im Randbereich des ehemaligen Tagebaus verzahnen sich natürlich anstehende Sedimente mit dem heterogenen Tagebau-Verfüllmaterial. Daraus ergibt sich eine komplexe hydrogeologische Situation mit räumlich unterschiedlich ausgeprägten Fließwegen. Bestehende Grundwasserströmungsmodelle lieferten keine ausreichend eindeutige Grundlage für die Beschreibung des Schadstoffaustrags. Mit In-situ-Fließmessungen im vorhandenen Messstellennetz sollten daher direkt gemessene Informationen zu Fließrichtung und -geschwindigkeit an kritischen Modellrändern sowie zur tiefenabhängigen Fließverteilung im erschlossenen Aquifer gewonnen werden. Die Ergebnisse sollten die weitere Fließ- und Transportmodellierung sowie die Planung zusätzlicher Messstellen unterstützen.

Hydrogeologisches Umfeld

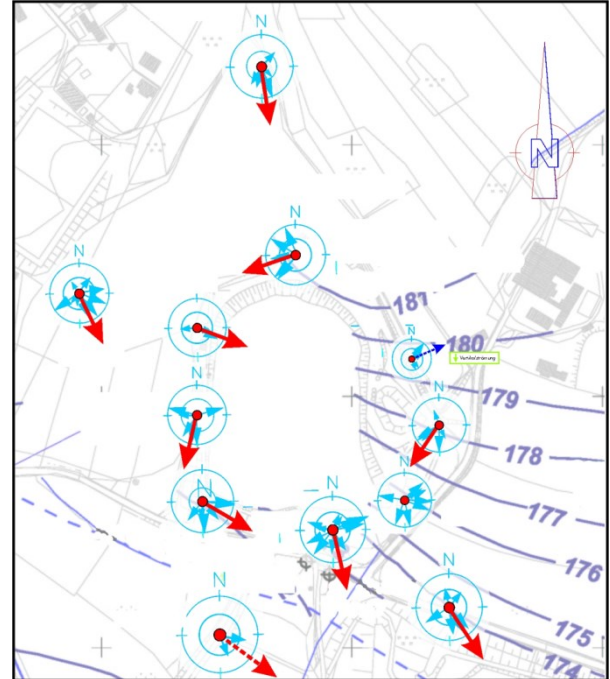
Heterogener Porengrundwasserleiter mit Verzahnung von natürlich anstehenden Sedimenten (Schluff-Sand) und Tagebau-Verfüllmaterial (Sand-Kies)

Einsatzzweck

- Detailerkundung zur Gefährdungsabschätzung und Sanierungsplanung
- Plausibilitätsprüfung und Verfeinerung des bestehenden Grundwasserströmungsmodells
- Tiefenaufgelöste Erkundung der Grundwasserströmung in kritischen Modellbereichen
- Bereitstellung direkt gemessener Fließdaten für Fließ- und Schadstofftransportmodelle
- Datengrundlage für die Positionierung zusätzlicher Grundwassermessstellen

Untersuchungsergebnisse

In einer Pilotuntersuchung wurden zunächst drei Grundwassermessstellen untersucht. Die Ergebnisse bestätigten grundsätzlich die bestehende Modellvorstellung, zeigten jedoch zusätzliche Unterschiede der Fließrichtungen und -geschwindigkeiten über das Tiefenprofil des Aquifers. Diese standen im Zusammenhang mit der komplexen Verzahnung natürlich anstehender Sedimente und des heterogenen Tagebau-Verfüllmaterials. Auf Grundlage der Pilotmes-



sungen wurde die Untersuchung in einer zweiten Projektphase auf weitere 13 Messstellen ausgeweitet. Die tiefenaufgelösten Fließdaten ermöglichten eine differenziertere Beschreibung der lokalen Fließpfade und lieferten zusätzliche Randbedingungen für die weitere Grundwasserströmungs- und Schadstofftransportmodellierung. Die Ergebnisse wurden darüber hinaus zur gezielten Positionierung weiterer Grundwassermessstellen genutzt und bildeten damit eine ergänzende Datengrundlage für die Gefährdungsabschätzung und die weitere Sanierungsplanung.

Kundennutzen

- Plausibilitätsprüfung und Verfeinerung bestehender Fließmodellannahmen
- Vertieftes Verständnis des heterogenen Aquifersystems und der lokalen Fließpfade
- Tiefenaufgelöste Fließdaten für Grundwasserströmungs- und Schadstofftransportmodelle
- Informationen zur Standortplanung weiterer Grundwassermessstellen
- Verbesserte Datengrundlage für Gefährdungsabschätzung und Sanierungsplanung
- Optimierung des weiteren Untersuchungsprogramms durch einen stufenweisen Erkundungsansatz

Fließerkundung im Randgebiet eines ehemaligen Tagbaus zur Sanierungsplanung

- Prüfung von Ausbau und Zustand der Grundwassermessstellen für Folgeuntersuchungen

Kunde

Ingenieurbüro und Brunnenbauunternehmen
im Auftrag einer Landesbehörde

Leistungen

- Kamerabefahrungen
- Horizontale in-situ Fließmessungen
- Auswertung und Projektdokumentation

Einsatzort

Sachsen

Einsatzumfang

- 16 Messstellen DN100-DN125/ 4"-5"
- Einsatz Tiefen: 14m-37m
- Messzeit gesamt: 94 Stunden

Einsatzzeitraum

14 Tage

Besondere Anforderungen

Hohe Kontamination, stellenweise mit 0,2m aufschwimmender Phase

051P062 / 061P083

Fließerkundung in einem gefluteten Grubengebäude

Projektbeschreibung

Zur Untersuchung der Fließverhältnisse in einem gefluteten Grubengebäude im Hinblick auf eine mögliche geothermische Nutzung sowie auf hydraulische Wechselwirkungen mit dem angeschlossenen Grundwassersystem wurden mehrere Bohrungen bis in das Stollensystem abgeteuft und als Grundwassermessstellen ausgebaut. Die Filterstrecken wurden jeweils im Bereich der durchörterten Stollen angeordnet. Horizontale In-situ-Fließmessungen in mehreren Höhenpositionen der erschlossenen Stollenquerschnitte sollten Fließrichtung und -geschwindigkeit innerhalb des Stollensystems charakterisieren und direkt gemessene Daten für die weitere hydrogeologische Bewertung liefern.

Hydrogeologisches Umfeld

Frei durchströmte Stollen in Kalk- und Dolomitgestein, durch Bohrungen mit verfilterten Stollenabschnitten erschlossen

Einsatzzweck

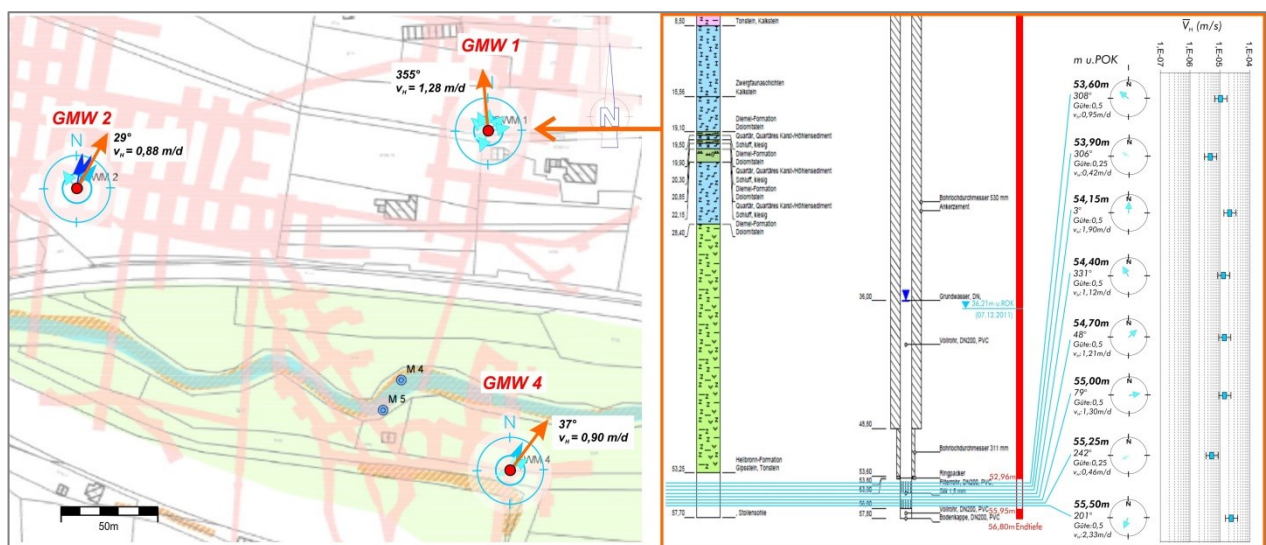
- Erkundung der Fließverhältnisse im gefluteten Stollensystem
- Bereitstellung hydraulischer Kenndaten zur Bewertung des geothermischen Nutzungspotenzials
- Bewertung der hydraulischen Wechselwirkung mit dem angeschlossenen Grundwassersystem
- Bereitstellung direkt gemessener Fließdaten für Grundwasserströmungsmodelle

Untersuchungsergebnisse

Die horizontalen In-situ-Fließmessungen wurden in mehreren Höhenpositionen über die durch die Bohrungen erschlossenen Stollenquerschnitte durchgeführt. In allen vier untersuchten Messstellen zeigte sich eine übergeordnet nach Norden orientierte Fließbewegung mit mittleren Fließgeschwindigkeiten im Bereich von etwa 0,5 bis 1,5 m/Tag. Die tiefen- bzw. höhen aufgelösten Messungen zeigten jedoch, dass die Strömung innerhalb der einzelnen Stollenprofile nicht einheitlich ausgebildet war. Lokal traten abweichende Fließrichtungen auf; im Bereich der Stollensohle wurden teilweise sogar gegenläufige Fließbewegungen beobachtet. Aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeiten und der großen hydraulischen Freiheitsgrade innerhalb der frei durchströmten Stollen zeigte sich während der jeweiligen Messdauer von ein bis zwei Stunden ein zeitlich variables, instationäres Fließbild. Durch die zeitliche Bilanzierung der gemessenen Fließvektoren konnten dennoch die übergeordneten Fließrichtungen und charakteristischen Fließgeschwindigkeiten zuverlässig eingegrenzt werden. Die Ergebnisse belegen damit sowohl eine übergeordnete Strömung innerhalb des Stollensystems als auch lokale und zeitliche Variationen der Fließbewegung innerhalb der einzelnen Stollenquerschnitte.

Hydrogeologische Herausforderung

Die großen hydraulischen Freiheitsgrade innerhalb der frei durchströmten Stollen führen bei geringen Fließgeschwindigkeiten zu zeitlich und räumlich variablen Fließbewegungen. Einzelmessungen stellen daher nur Momentaufnahmen dar. Durch län-



Fließerkundung in einem gefluteten Grubengebäude

gere Messzeiten und die Bilanzierung der Fließvektoren konnten übergeordnete Fließrichtungen und charakteristische Fließgeschwindigkeiten dennoch zuverlässig bestimmt werden.

Kundennutzen

- Direkter Nachweis der übergeordneten Fließrichtung und -geschwindigkeit im Stollensystem
- Höhenaufgelöste Charakterisierung der Strömung innerhalb der Stollenquerschnitte
- Nachweis lokaler und teilweise gegenläufiger Fließbewegungen
- Erfassung zeitvariabler Fließbewegungen über längere Messzeiträume
- Hydraulische Datengrundlage zur Bewertung einer geothermischen Nutzung
- Vertieftes Verständnis der hydraulischen Wechselwirkung zwischen Stollensystem und geschlossenem Grundwasserleiter
- Bereitstellung direkt gemessener Fließdaten für Grundwasserströmungsmodelle
- Prüfung von Ausbau und Zustand der Grundwassermessstellen

Kunde

Öffentlicher Auftraggeber/Behörde

Leistungen

- Kamerabefahrungen, Ausbau und Zustandkontrolle der Messstellen
- Horizontale in-situ Fließmessungen
- Datenauswertung und Projektdokumentation

Einsatzumfang

- 4 Messstellen / 5-8 Zoll
- Einsatztiefe: 28-55m

Einsatzort

Baden-Württemberg

Einsatzzeitraum

4 Tage

011P139

Fließerkundung im Tiefenbereich von Grubenbauwerken bis 300 m Tiefe

Projektbeschreibung

Im Umfeld eines durch Salzbergbau geprägten Standorts treten großräumige Setzungserscheinungen auf, die mit fortschreitenden Auslaugungsprozessen im Untergrund in Zusammenhang stehen. Dabei spielt auch der Grundwasserzutritt in geflutete Grubenbaue eine Rolle. Zur Gewinnung ergänzender Kenndaten über Fließbewegungen im tiefen Aquifer und im Umfeld der Grubenbaue wurden horizontale In-situ-Fließmessungen in ausgebauten Tiefbohrungen bis 300 m Tiefe durchgeführt. Die Ergebnisse sollten zusätzliche direkt gemessene Daten für die hydrogeologische Bewertung und weitere Grundwasserströmungsmodellierungen liefern. Die Messstellen sind mit 4–4,5"-Stahllinern ausgebaut, die im Bereich von Kluftzonen bzw. kavernen Bohrabschnitten als längsgeschlitzte Filterstrecken ausgeführt sind. Eine Filterkiesschüttung im Ringraum ist nicht vorhanden. In Folgeprojekten wurden weitere Messstellen in vergleichbaren Tiefen untersucht.

Hydrogeologisches Umfeld

Klüftig bis kavernös ausgebildeter Festgesteinsgrundwasserleiter mit hochmineralisierter Wasserführung (Q-Lauge)

Einsatzzweck

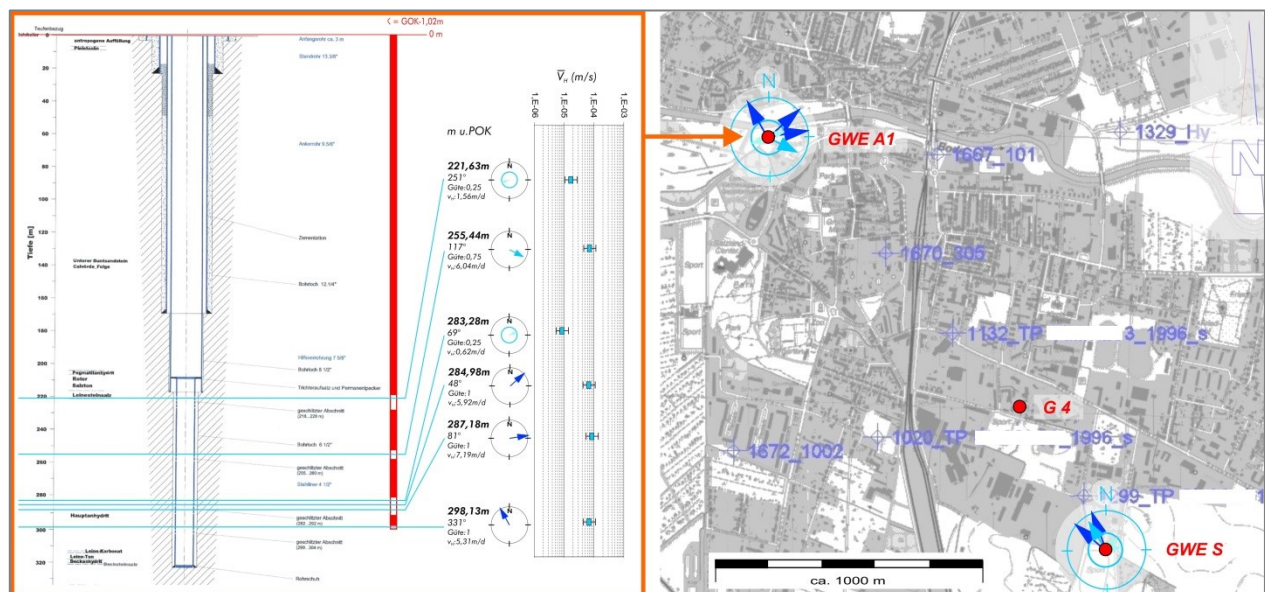
- Erkundung von Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit in Kluftzonen im tiefen Aquifer
- Gewinnung hydraulischer Kenndaten im Tiefenbereich gefluteter Grubenbaue
- Ergänzende Datengrundlage zur Bewertung möglicher Grundwasserzutritte in die Grubenbaue

baue

- Bereitstellung direkt gemessener Fließdaten für Grundwasserströmungsmodelle

Untersuchungsergebnisse

Mit der in die Messsonde integrierten Brunnenkamera wurden zunächst Lage und Zustand der längsgeschlitzten Filterstrecken geortet. Anschließend wurden innerhalb der identifizierten Filterabschnitte horizontale In-situ-Fließmessungen durchgeführt. Die Messungen zeigten überwiegend nach Norden bis Osten orientierte Fließrichtungen. Die ermittelten Fließgeschwindigkeiten lagen im Bereich von etwa 0,5 bis 7 m/Tag und damit teilweise deutlich höher als aufgrund der bisherigen Modellvorstellungen erwartet. Die Ergebnisse lieferten somit Hinweise auf eine ausgeprägte Fließdynamik innerhalb der erschlossenen Kluft- und Kavernensysteme. Aufgrund des speziellen Messstellenausbaus ohne Filterkiesschüttung sowie der nicht eindeutig bekannten hydraulischen Anbindung der einzelnen Filterabschnitte an das umgebende Kluft- und Kavernensystem können die gemessenen Geschwindigkeiten und Fließrichtungen jedoch nicht unmittelbar mit ungestörten Aquiferfließgeschwindigkeiten gleichgesetzt werden, da Konvektions- und Ausgleichströmungen im Ringraum möglich sind. Die Ergebnisse wurden daher als standortbezogene Hinweise auf Fließrichtung und Fließintensität bewertet und als ergänzende Datengrundlage für die weitere hydrogeologische Interpretation und Modellierung genutzt.



Fließerkundung im Tiefenbereich von Grubenbauwerken bis 300 m Tiefe

Technische Herausforderungen

- Messsondeneinbau und -positionierung bis 300 m Tiefe
- Optische Identifizierung der Filterstrecken bei teilweise stark eingeschränkter Sicht durch Wassertrübung
- Einsatz in hochmineralisiertem Wasser mit tiefenabhängig zunehmender Salinität
- Hydrostatische Drücke von bis zu ca. 35–37 bar in 300 m Tiefe
- Hohe Korrosivität des hochmineralisierten Wassers

Kundennutzen

- Direkt gemessene Informationen zu Fließrichtung und Fließintensität im tiefen Aquifer
- Hinweise auf eine erhöhte Fließdynamik in Kluft- und Kavernensystemen
- Ergänzende Datengrundlage zur Bewertung möglicher Grundwasserzutritte in geflutete Grubenbaue
- Plausibilitätsprüfung und Ergänzung bestehender hydrogeologischer Modellvorstellungen
- Bereitstellung direkt gemessener Fließdaten für Grundwasserströmungsmodelle
- Verifizierung von Lage, Ausbau und Zustand der Filterstrecken durch integrierte Kamera-befahrung

Kunde

Öffentlicher Auftraggeber/Behörde

Leistungen

- Kamerabefahrungen, Ausbau und Zustandkontrolle der Messstellen
- Horizontale in-situ Fließmessungen
- Datenauswertung und Projektdokumentation

Einsatzumfang

- 2 Messstellen / 5-8 Zoll
- Einsatztiefe: 200-300m

Einsatzort

Sachsen-Anhalt

Einsatzzeitraum

4 Tage

091P118/ 101P122/ /101P126