

Grubenwassermonitoring in geschlossenen Bergwerken der RAG Aktiengesellschaft

Dr.-Ing. Holger Witthaus, Essen*

Die Einstellung der Steinkohlenproduktion im Jahr 2018 ist mit der Herausforderung verbunden, physikalische und chemische Parameter des Grubenwassers in situ weiterhin zu erfassen. Das Beenden der Untertagebetriebe führte zu Einschränkungen der Alternativen bei den Monitoringmethoden. Dieser Bericht fokussiert sich auf Maßnahmen, die zur Absicherung ausreichender Informationen zum Grubenwasseranstieg in ehemaligen Bergwerken entwickelt wurden. Es werden beispielhafte Ergebnisse dargestellt, die durch ein Grubenwassermonitoring unter Tage erzielt wurden, welches in einem Kooperationsprojekt mit der Technischen Hochschule Georg Agricola in Bochum und der RAG Aktiengesellschaft entwickelt wurde. Das System besteht aus 4 Sonden auf dem ehemaligen Bergwerk Auguste Victoria in einem Pilotprojekt für eine Langzeitüberwachung des Grubenwasseranstiegs für den Zeitraum von 2 oder 3 Jahrzehnten.

Einführung

Die Steinkohlenförderung in Deutschland wurde im Jahr 2018 eingestellt. Das Unternehmen RAG Aktiengesellschaft ist als früherer Steinkohleproduzent verantwortlich für zukünftige Konsequenzen der Bergbaubetriebe. Grubenwassermanagement ist dabei ebenso eine Ewigkeitsaufgabe wie die Schadensregulierung durch Bodenbewegungen und das Grundwassermanagement. Das regionale Konzept der RAG Aktiengesellschaft sieht einen kontrollierten Grubenwasseranstieg, die Reduzierung der Pumpstandorte und die Errichtung von Brunnenbetrieben anstelle untertägiger Wasserhaltungen vor. Dabei wird das Grubenwasserniveau kontrolliert unterhalb der Grundwasserhorizonte gehalten, die zur Trinkwassergewinnung genutzt werden. Individuelle Konzepte wurden ebenso für die Bergbauregionen Saarland und Ibbenbüren entwickelt.

Nach Schließung eines Bergwerks ist es normalerweise nur noch durch Messungen von über Tage aus möglich, Informationen über das Grubenwasserniveau und Parameter des Grubenwassers zu erhalten. In Kooperation mit der Technischen Hochschule Georg Agricola, Bochum wurde durch RAG ein ergänzendes Monitoringssystem entwickelt. Einige Informationen zu diesem Projekt werden im nachfolgenden Abschnitt zusammengefasst.

Ein erster Piloteinsatz des Monitoring-systems wurde auf dem ehemaligen Bergwerk Auguste Victoria im Jahr 2017 installiert. Der Schwerpunkt des Artikels liegt darin, einen Überblick zu den Erfahrungen mit dem System aus einer Betriebsdauer von mehr als 2.000 Tagen zu geben.

Forschungsprojekt

Das Forschungsprojekt der Kooperation mit der Technischen Hochschule Georg Agricola und RAG Aktiengesellschaft begann im Jahr 2015. Im Rahmen des Projektes wurden 4 Arbeitspakete definiert, die eine Planung und Konzeption des Systems, die Testphase und die Installation von Systemkomponenten, einen Piloteinsatz des Untertagesystems, sowie den Beginn des Regelbetriebs und die Analyse und Verbesserung beinhaltet haben.

Das Projekt endete im Dezember 2017. Das erste untertägige Pilotsystem wurde auf dem ehemaligen Bergwerk Auguste Victoria am 09. April 2017 in Betrieb genommen.

Sensoren als auch die elektrische Versorgung, den Datentransfer und die Kabelverbindung zur Kontrollstation über Tage. Das Gesamtsystem ist eigensicher ausgelegt und zugelassen durch die deutsche Bergaufsichtsbehörde. Die nachfolgenden Parameter werden erfasst:

- Druck
- Temperatur
- Elektrische Leitfähigkeit der Umgebung
- Strömungsrichtung
- Strömungsgeschwindigkeit

Bild 1 stellt die von der Firma Sea & Sun Technology in Trappenkamp „RAG-Ex-Schutz-Sonde“ dar. Diese ist eine Modifikation einer Tiefseesonde. Der Kabelstecker befindet sich am oberen Ende der hängenden Sonde. Im Vergleich zur Original-Tief-

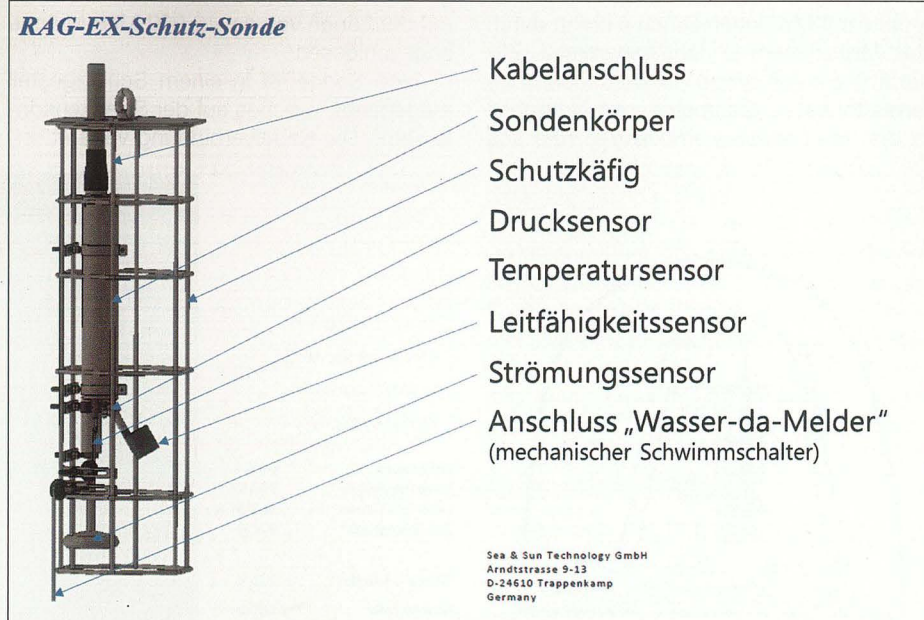


Bild 1: „RAG Ex-Schutz“-Sonde

Das System erlaubt die Sammlung ergänzender Daten aus dem Bereich ehemaliger Bergbaubetriebe. Das System beinhaltet sowohl Sonden mit verschiedenen

seesonde wurde ein Schutzkäfig um den Sondenkörper konstruiert. Unter dem Sondenkörper sind die Sensoren für Druck, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit und

* Dr.-Ing. Holger Witthaus
RAG Aktiengesellschaft
Servicebereich Technik- und Logistikdienste
Im Welterbe 10
45141 Essen
Internet: www.rag.de

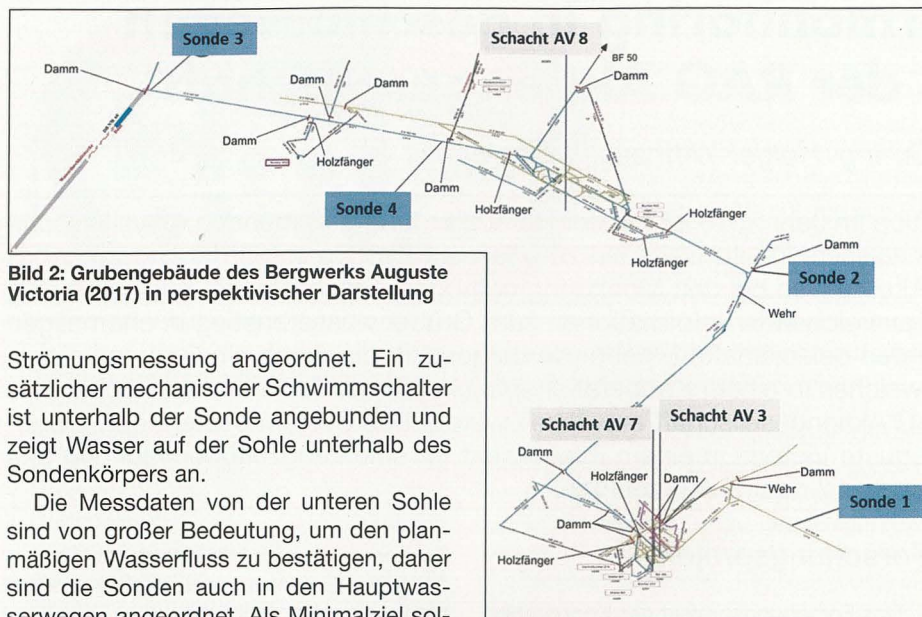


Bild 2: Grubengebäude des Bergwerks Auguste Victoria (2017) in perspektivischer Darstellung

Strömungsmessung angeordnet. Ein zusätzlicher mechanischer Schwimmschalter ist unterhalb der Sonde angebunden und zeigt Wasser auf der Sohle unterhalb des Sondenkörpers an.

Die Messdaten von der unteren Sohle sind von großer Bedeutung, um den planmäßigen Wasserfluss zu bestätigen, daher sind die Sonden auch in den Hauptwasserwegen angeordnet. Als Minimalziel sollen die Sonden Daten des Grubenwasseranstiegs zwischen dem Niveau -1.110 m NHN und -600 m NHN liefern. Dieser Prozess wird gemäß Prognose über einen Zeitraum von ca. 15 Jahren andauern.

Grundlagendaten zur Interpretation der Sonden sind:

- Chemische und physikalische Parameter der Grubenwasseranalysen
- Zuflussmenge des Grubenwassers im ehemaligen Bergwerk
- Geometrische Daten der Bergwerksinfrastruktur
- Prognose des Grubenwasseranstiegsprozesses und der Grubenwassereigenschaften

Mehr als 13 Millionen Daten werden durch das Messsystem je Jahr gesammelt. Zusätzlich werden einige Hunderttausend Informationen zu Geometrie und Prognose in die Interpretation einbezogen, die aus

einem RAG-eigenen Datenbanksystem geliefert werden.

Insgesamt vier Sonden wurden im untertägigen Streckensystem des ehemaligen Bergwerks Auguste Victoria installiert. Drei Sonden befinden sich auf der 6. Sohle im Niveau von ungefähr -1.110 m NHN. Eine Sonde (Sonde 1) wurde auf der 5. Sohle in einem Niveau von -990 m NHN eingebaut (Bild 2).

Jede Sonde ist über eine direkte Kabelverbindung nach über Tage angeschlossen. Alle Kabel sind über den Schacht 3 an die Datenerfassungseinheit über Tage angeschlossen. Sonde 3 ist über ein Kabel mit der Länge von ca. 12.000 Meter Länge angeschlossen.

Jede Sonde ist in einem Schutzgestell aufgehängt, welches auf der Streckensohle steht. Die Kabelverbindung verläuft un-

ter dem Dach des Schutzgestells um die Verbindung gegen Steinschlag im Fall eines Versagens des Streckenausbaus zu schützen. Die schwere Konstruktion besitzt einen niedrigen Schwerpunkt und verhindert das Kippen des Gestells auch im Fall massiver Sohlenhebung. Die besondere Kabelkonstruktion verfügt über ein Stahlgeflecht und Feuchtigkeitsschutz. Das Kabel selbst würde auch bei einer freihängenden Länge von 2.400 Metern nicht durch die entstehenden Zugkräfte zerstört. Von Bedeutung ist auch die spezielle Konstruktion der Kabelverbindungen, diese ist für einen Wasserdruck von 100 bar ausgelegt, was einer Wassersäule über dem System von 1.000 Metern entspricht.

Der Drucksensor erfasst den Druck der Umgebung in dbar und ist ein Indikator für die Höhe des Wasserspiegels über der Sonde. Der Wasseranstieg im Bergwerk erreichte das Niveau -1.100 Meter im September des Jahres 2019. Es wurde erwartet, dass alle Sonden in diesem Niveau der 6. Sohle das gleiche Druckniveau nach der Überstauung anzeigen würden. Es wurde an Sonde Nr. 2 über einen Zeitraum von mehreren Monaten jedoch ein geringerer Druck gemessen. Im August des Jahres 2020 erreichten im Anschluss alle Sonden auf der 6. Sohle eine harmonisierte Entwicklung. Im Jahr 2021 verringerte sich die Anstiegsgeschwindigkeit über einen Zeitraum von ca. 2 Monaten deutlich und stieg in der nachfolgenden Zeit wieder einheitlich weiter an. Die Sonde auf der 5. Sohle zeigt seit 2022 einen Druckanstieg an.

Aus dem gemessenen Druck an jeder Sonde kann das Grubenwasserniveau ermittelt werden. Für die Berechnung des Grubenwasserspiegels werden die Geometrie des Sondereinbaus über der Streckensohle, die vertikale Position der Sohle

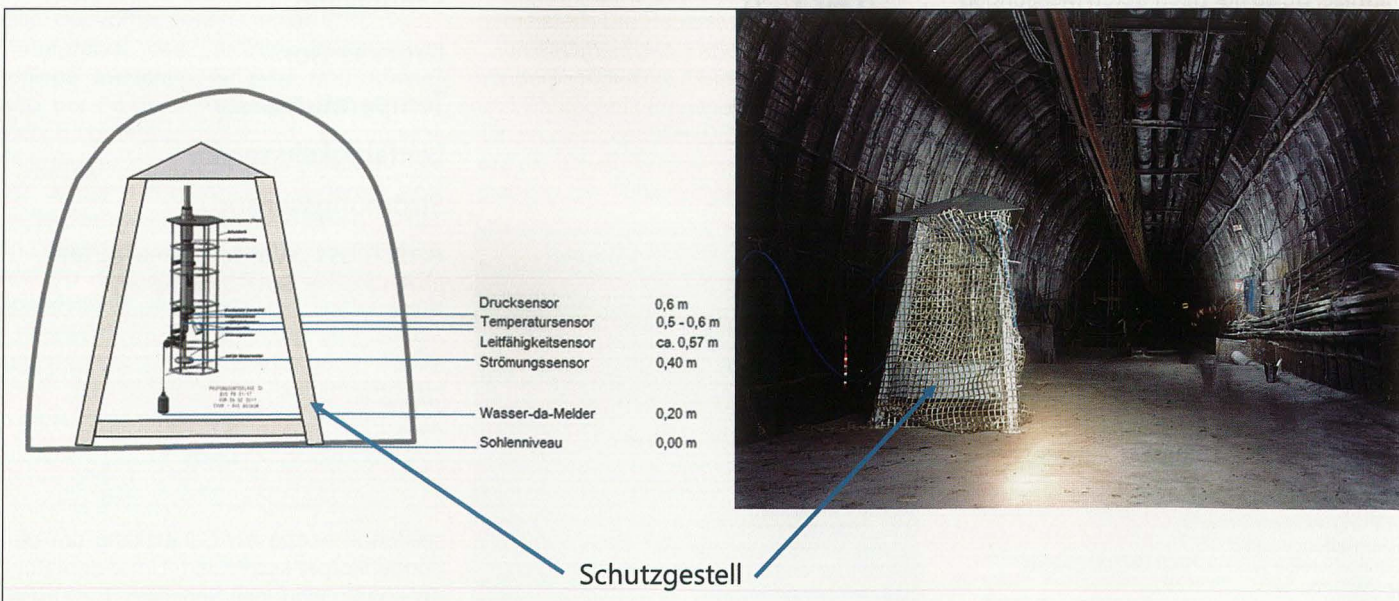


Bild 3: Installation mit auf der Sohle aufgestelltem Schutzgestell

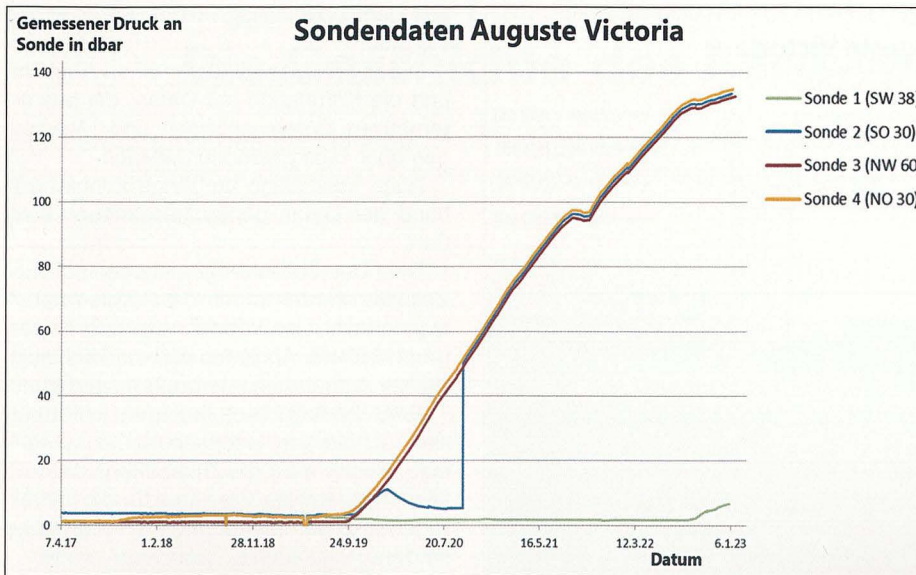


Bild 4: Ergebnisse der Druckmessung im Zeitraum 04/2017 bis 12/2022

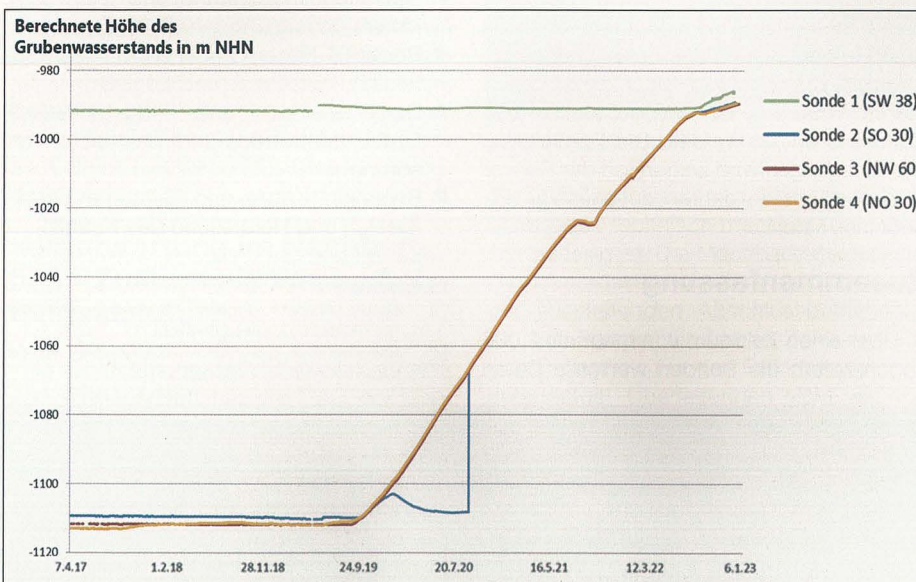


Bild 5: Berechnete Höhe des Grubenwasserspiegels im Zeitraum 04/2017 bis 12/2022

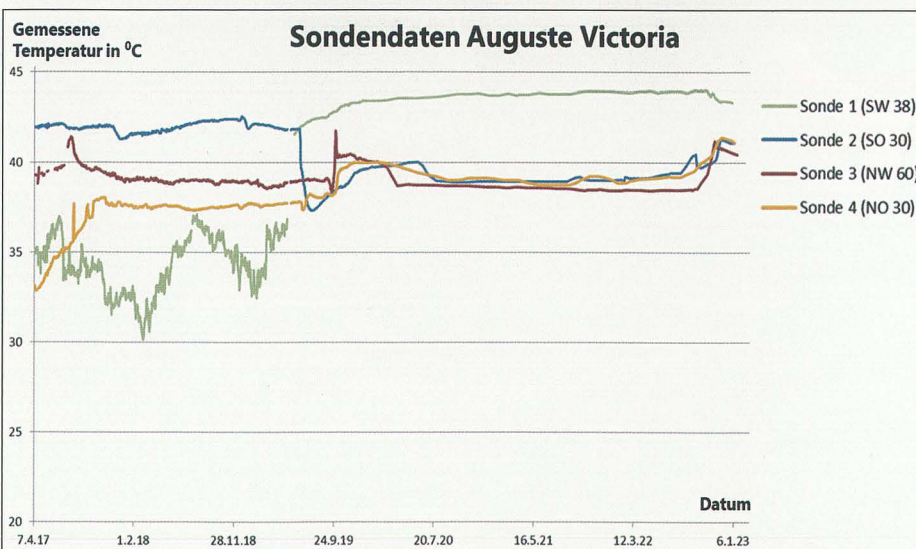


Bild 6: Temperaturmessung aus dem Zeitraum 04/2017 bis 12/2022

und die Dichte des Grubenwassers einbezogen.

Die Lage der Sohle ist aus den mark-scheiderischen Dokumentationen des Bergwerks bekannt und die Geometrie der Sonde wurde bei Einbau dokumentiert. Zur Abschätzung der Dichte des Grubenwassers wird der Wert der gemessenen Leitfähigkeit einbezogen, weil Dichte und elektrische Leitfähigkeit eine signifikante Korrelation zeigen.

Natürlich besteht eine Vielzahl an Argumenten aus hydrologischer Sicht und praktischer Erfahrung, die eine Verallgemeinerung dieses Zusammenhangs widerlegen können. Aber verschiedene Ergebnisse aus Analysen aus Untersuchungen im ehemaligen Bergwerk belegen eine Dichte des Grubenwassers zwischen 1,05 und 1,2 kg/dm³, wodurch ohne die Berücksichtigung der Grubenwasserdichte (reines Wasser mit der Dichte 1,0) ein Fehler zwischen 5 % und 20 % in Kauf genommen würde. Der Nachteil dieser Abschätzung ist, dass die gemessene elektrische Leitfähigkeit am Standort der Sonde und damit im unteren Bereich der Flutung gemessen wird. Wird ein hoher Bereich oberhalb der Sonde überstaut, so nimmt die Aussagefähigkeit dieser Abschätzung ab. Schachtmessungen mit Sal-Temp-Sonden weisen häufig nach, dass keine konstante elektrische Leitfähigkeit in der Wassersäule gegeben ist. Diese Nachteile der Abschätzung werden in Kauf genommen, da die Genauigkeit durch ergänzende Messungen von der Tagesoberfläche gesteigert werden können.

Die Ergebnisse der Temperaturmessung sind in Bild 6 dargestellt. Bevor der Grubenwasserspiegel im September 2019 erreichte, zeigten die Sonden dort (Sonden 2, 3 und 4) eine Temperatur zwischen 32° und 42 °C an. In den darauf folgenden Monaten zeigen die Sonden einen Durchmischungsprozess an und die Temperatur vergleichmäßig sich auf einem Niveau um 38 °C. Die gemessene Temperatur an der Sonde auf der 5. Sohle ist bis zum Sommer 2019 nicht durch Grubenwasser beeinflusst. Im Anschluss wurde beim Rückzug eine Mauer in der Strecke errichtet und Sonde 1 bekam Kontakt zum Grubenwasserzufluss von Süden auf der 5. Sohle. Dieser Zufluss hat mit 44 °C eine höhere Temperatur.

Zum Ende des Jahres 2022 erreichte der Grubenwasserspiegel die 5. Sohle und die Sonden auf der 6. Sohle zeigen wiederum eine Durchmischung an. Das Temperaturniveau steigt dort auf 41 °C an und die Temperatur an der Sonde auf der 5. Sohle sinkt auf 43 °C ab.

Die Ergebnisse der Messungen zur elektrischen Leitfähigkeit zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Interpretationen

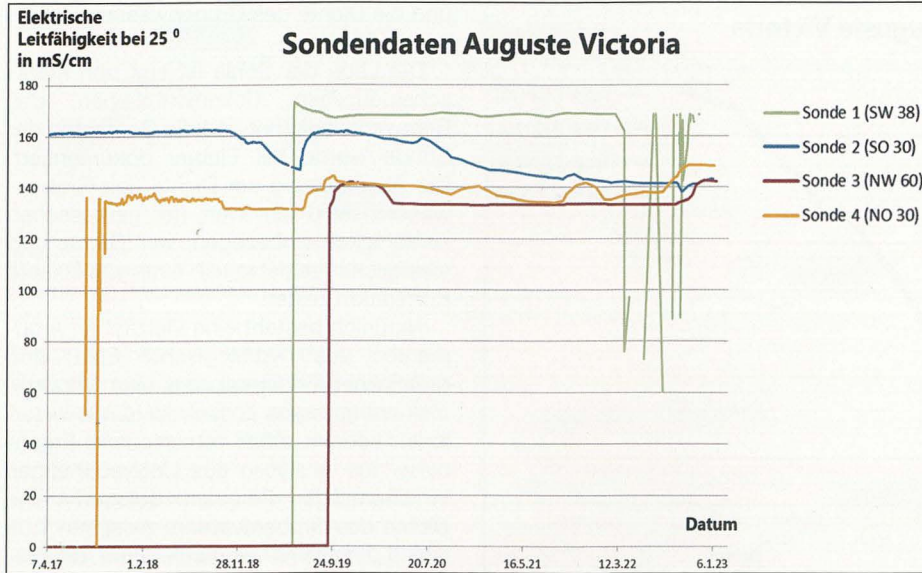


Bild 7: Ergebnisse der elektrischen Leitfähigkeit im Zeitraum 04/2017 bis 12/2022^[1]

aus der Temperaturmessung. Seit dem Jahr 2019 deuten die Sonden auf der 6. Sohle einen Durchmischungsprozess an. Die Sonde 1 auf der 5. Sohle zeigt das höchste Niveau (170 mS/cm) und zeigt damit das hohe Niveau der Mineralisierung des Zuflusses aus den südlichen Bereichen (was auch zuvor durch Analysen aus Untertageproben bekannt war).

Seit dem Jahr 2022 zeigt das Signal an Sonde 1 eine große Bandbreite zwischen dem vorherigen Niveau von 170 mS/cm und einem Minimalwert von ca. 60 mS/cm.

Diese starken Schwankungen könnten durch Inkrustationen des Sensor hervorgerufen sein und können nicht durch derart starke Änderung der Wasserqualität des Zuflusses erklärt werden. Die Fortsetzung der Messungen wird zeigen, ob der Sensor in den nächsten Jahren zuverlässige Ergebnisse liefert.

Zusammenfassung

Über einen Zeitraum von mehr als 2.000 Tagen liefern die Sonden wertvolle Daten

aus dem ehemaligen Bergwerk Auguste Victoria.

Die Ergebnisse erlauben einen Abgleich und die Korrelation mit Daten, die aus alternativen Untersuchungen und Messungen über Tage gewonnen werden.

Auch kurzzeitige Vorgänge können anhand der Daten genau beschrieben werden.

Die Durchmischung unterschiedlicher Zuflüsse werden durch die Sonden untertage erfasst und können vor dem Hintergrund früherer Analysen und marksscheideischer Aufnahmen interpretiert werden.

RAG bedankt sich bei den Initiatoren der Technischen Hochschule Georg Agricola, Bochum für die Zusammenarbeit und allen Partnern des Projektes für die hervorragende Zusammenarbeit. Hervorzuheben sind:

- Sea & Sun Technology GmbH (Sondentechnik und Entwicklung)
- DMT GmbH (Beratung und technische Unterstützung)
- Becker & Hüser GmbH & Co. KG (Konfektion, Installation und Logistik)
- Delta Elektro- und Industrietechnik GmbH (Installation und Elektrische Versorgung)
- Prysmian Kabel und Systeme GmbH (Design und Herstellung des Kabels)

Referenzen:

- [1] Abschlussbericht Projekt "Grubenwassermonitoring", RAG 2017, unveröffentlicht
- [2] Jahresberichte zum Abschlussbetriebsplan für das Bergwerk Auguste Victoria 2018 -2021



Sinnbild: „Grubenwassermonitoring“